J. ESCOLAR

V. SMITH AGREDA • P. AMAT • J.M. SMITH AGREDA
R. SARRAT • F. REINOSO • S. RODRIGUEZ

ANATOMIA HUMANA

(FUNCIONAL Y APLICATIVA)

1

EDITORIAL
ESPAXS

ANATOMIA HUMANA

(Funcional y Aplicativa)

VOLUMEN I

ANATOMIA HUMANA

(Funcional y Aplicativa)

VOLUMEN I

J. ESCOLAR
Prof. Numerario de Anatomía
Universidad de ZARAGOZA

V. SMITH AGREDA
Prof. Numerario de Anatomía
Universidad de VALENCIA

P. AMAT
Prof. Numerario de Anatomía
Universidad de SALAMANCA

J. M. SMITH AGREDA
Prof. Numerario de Anatomía
Universidad de LA LAGUNA

R. SARRAT
Prof. Numerario de Anatomía
Universidad de BILBAO

F. REINOSO
Prof. Numerario de Anatomía
Universidad Autónoma de MADRID

S. RODRÍGUEZ
Prof. Agregado de Anatomía
Universidad de ZARAGOZA

EDITORIAL ESPAXS
PUBLICACIONES MEDICAS
C/ Rosellón, 132 Barcelona - 11 (ESPAÑA)



Depósito Legal. B: 40185-1973
ISBN:
Obra completa: 84-7179-051-3
Primer tomo: 84-7179-052-1

Imprimió:
Gráficas Socitra
Salvadors, 22
Barcelona-1

Impreso en España - Printed in Spain

PRÓLOGO DE LA 3.ª EDICIÓN

Nos encontramos ante una Enseñanza de Medicina donde, cada vez, es más necesario lograr una Licenciatura equilibrada en conocimientos manejables asistencialmente.

A este fin, comprendemos que, dentro de nuestras Universidades, no sólo hemos de *integrar* cada una de las materias de Enseñanza que concretamente nos incumben como Docentes, sino además intentar la *coordinación* mutua entre las mismas, como lo requiere nuestra Reforma Educativa y como se realiza en otros países hace tiempo. No estamos acostumbrados a esto último, pero hemos de intentarlo a pesar de los reparos que surjan. Procede pues, seguir todo plan que *integre* y *coordine* progresivamente materias, sobre todo las de un mismo curso, aunque los primeros intentos se hagan con lentitud, guiándonos pacientemente por resultados «a posteriori» que nos hayan servido de experiencia. Queremos pues, seguir encontrando continuamente motivos de mejora, dejando a un lado cómodas costumbres que dificulten o enquisten el problema.

Tal coordinación no habría de desdibujar nunca asignatura alguna, sino que la vigorizaría dentro de su Departamento Universitario, a efectos de estudios especializados, bien opcionales o cursos Monográficos de Doctorado y, sobre todo, líneas de Investigación, lo cual va más allá del período de Licenciatura.

Por todo, ratificamos en la presente Edición lo indicado en las precedentes desde nuestro terreno Anatómico: Siempre basados en el sustrato u organización del Ser Vivo Humano intentaremos integrar, cada vez más, su Unidad Vital, no sólo en el estado adulto, sino aún mejor, a lo largo de su desarrollo; de tal manera que, Organización, Función y Aplicación alcancen una lógica inseparable. Así, aquella «Anatomía Aplicativa», centrada en nuestro antiguo 4.º Tomo de Ediciones pasadas, debe ahora quedar integrada totalmente entre los tres tomos actuales que, conservando su matiz fundamental, englobarán toda la materia. En consecuencia:

PRIMER TOMO. Seguirá tratando de la Organización del Ser Vivo desde las primeras fases del *Desarrollo* hasta el adulto, en cuyo momento se analiza el sustrato conforme se va imponiendo funcionalmente a lo largo de la vida; empezando, pues, por el sustrato de enderezamiento o *Retrosoma,* siguiendo con el sustrato del apoyo y marcha o *Extremidad Inferior,* y terminando por el sustrato de manipulación y funciones anejas (capaces de expresar nuestra inteligencia), referible a la *Extremidad Superior.*

SEGUNDO TOMO. Seguirá tratando el sustrato adulto para las funciones de su conservación, lo que corresponde a las vísceras y a todo el *Presoma* que las integra en bloque, incluyendo la Cabeza (de la que naturalmente se exceptúan aquellas partes destinadas a funciones superiores).

TERCER TOMO. Corresponderá al sustrato de funciones superiores, *orientables* hacia el

complejo proceso del conocimiento, lo cual se refiere a los Sentidos y al Sistema Nervioso Central, integrando así un tratado, como es el clásico de Neuroanatomía.

Podemos advertir que la agrupación del sustrato, referido en los tomos que integran la presente edición, resulta coincidir un tanto con lo clásico antiguo de Aparatos y Sistemas, como es el Aparato Locomotor (Sistema Esquelético y Sistemas Neuromusculares) del 1.er Tomo, así como el Aparato Visceral (Digestivo, Respiratorio, Circulatorio y Urogenital) del 2.º Tomo.

Zaragoza. Año 1973.

PRÓLOGO DE LA 2.ª EDICIÓN

En mayores contingentes de alumnos de Medicina destacan grupos con mayores exigencias de rendimiento hacia la meta de nuestra Carrera, cada vez más perfilable. Ello obliga a una continua preocupación por mejorar la Enseñanza.

En el caso concreto de la Anatomía se acusa cada vez más el sentir objetivo unitario siempre sometido a una lógica creciente, haciendo cada vez más simple y factible la enseñanza. La incorporación al Profesorado, de jóvenes entusiastas que de alumnos vivieron estos métodos, obliga a una colaboración en equipo con ellos, dentro de la Docencia e Investigación, pues se encuentran ya con responsabilidad plena en los Grupos de Desdoblamientos Docentes que dirigen. El sentir más libre innovador de unos y el más integrador de otros, se va organizando hacia fines comunes y en concreto, el de la presente obra, cuyas modificaciones van haciéndose necesarias dentro de algunos capítulos. Así, es necesario aludir la mecánica de desarrollo, histoquimia y bioquimia, a propósito de la embriología para integrar más fácilmente la unidad de concepto. Todo ello, dentro del mayor sentido unitario general de organización para aproximarse más fácilmente a la Función que simplifica, y seguir reflejando en el texto la objetividad del sustrato adulto con arreglo al método docente que corresponde.

Zaragoza. Año 1969.

PRÓLOGO DE LA 1.ª EDICIÓN

La enseñanza encierra continuos problemas. Algunos se llegan a sentir muy hondamente en estudios como los de Medicina, cuyas metas son tan vitales y humanas ante el hecho de combatir la enfermedad. El terreno donde la enfermedad asienta, requiere ser conocido, aunque a veces revista las mayores dificultades, ya que se trata de conocer no sólo nuestra organismo sano y enfermo, sino también ese confuso y frecuente tránsito entre salud y enfermedad. Ante las dificultades todos recurrimos a simplificar y a seleccionar puntos fundamentales de referencia. Todos vemos en el hombre un *ser vivo*, una *unidad individual* con intención finalista específica. Lo complejo de su forma, de sus funciones, de los diversos orígenes del sustrato, de la aplicación al enfermo...; todo ello, en fin, es hoy comprendido, por lo tanto, como una *Unidad* en la Organización, en la Función, en el Origen, en el sentido aplicativo...

Hablamos así sintiendo, como todos, el peso de una experiencia vivida, parte de la cual es recogida del legado de muchos que vivieron antes, aunque en aquellos tiempos tales problemas hubieran de enfocarse diferentemente, e incluso de una manera opuesta a como ahora. Sin embargo, entonces y ahora, ORGANIZACIÓN Y ANATOMÍA encierran el mismo significado.

Ante las dificultades que puede ofrecer una enseñanza de Anatomía, nuestra referencia ha de ser la objetividad de la Organización, sorprendida por los procedimientos más sencillos y clásicos de estudio, como es la DISECCIÓN EN EL CADÁVER y después la RECONSTRUCCIÓN de lo disecado, bien sobre el mismo cadáver o bien en planos o panoramas reproducidos. Esta objetividad de la Organización va siempre acoplada a su razón de ser unitaria, tanto *genética* (pues en el origen todo se simplifica), como en la *función* (que apunta a un fin, donde también todo se une en un razonamiento). Por otra parte, la razón unitaria del sustrato considerado dentro de la salud y en su tránsito hacia la enfermedad (aunque sin entrar en ella), hace presentir vivamente la *meta médica aplicativa*, máxime si, aparte del procedimiento de disección del cadáver, se realizan también PROCEDIMIENTOS BIOSCÓPICOS de estudio usados en Clínica.

Sobre el proceder de disección, no hay sustituto posible. Ante la escasez de material cadavérico sólo cabe enfrentarse con el problema de su adquisición para resolverlo, teniendo en cuenta que la legislación lo favorece y que únicamente algunas costumbres de los Centros de Beneficencia, donde se provee, desviarían su adquisición; pero ello puede encauzarse ante la lógica comprensión de las circunstancias, insistiendo con toda la paciencia que sea necesaria. Si después de haber resuelto la provisión, el número de alumnos rebasa las posibilidades del material adquirido, entonces hay que *administrarlo* para su mejor aprovechamiento, a base de reglaje en el orden de las regiones a disecar, siempre dentro del cadáver completo, con turnos de repetición ante el campo ya disecado, paralelamente a la llamada explicación teórica, sin dejar de tener en cuenta además que las maniobras *en sí* son ven-

tajosamente televisables a blanco-negro, y que la Superioridad acaba facilitando en cualquier Departamento la instalación en circuito cerrado necesaria, cuya eficacia en frutos de enseñanza rebasa con mucho la preocupación del coste... Todo, menos que el alumno deje de observar al natural el sustrato cadavérico completo, cuya Organización tiene que llegar a conocer.

Las circunstancias experimentadas nos hicieron considerar primero la *Organización en desarrollo*, lo que permite *un planteamiento unitario* con gran simplicidad. Desde allí es proyectada al estado adulto esa Organización del substrato, en el orden en que cronológicamente va manifestándose; así, el *enderezamiento*, que es la primera función expresable, obliga al estudio del *Retrosoma*. La *Estática y la Marcha*, que es una segunda función expresable, requiere el estudio de la *Extremidad inferior*. La *capacitación finalista* de nuestro organismo mediante la manipulación, se expresa después, lo que obliga al estudio de la *Extremidad superior*. Nuestro *Substrato para conservar el Individuo y la Especie*, mediante funciones nutritivas y reproductoras viscerales, precisa la consideración del *Presoma*, que es donde las vísceras se acumulan. El *Substrato para el Conocimiento*, en fin, requiere el estudio de la *Cabeza*. Naturalmente, a este último respecto, los Sentidos y el Sistema Nervioso Central deben de ocupar una especial atención.

Con la presente obra sólo pretendemos, pues, complementar un método particular de enseñanza adoptado en algunas cátedras de Anatomía de nuestras universidades. Tengamos siempre en cuenta que todo método forma unidad con la manera de pensar del docente que lo emplea; que cada docente aplica su propio método, que no es otro que el que las circunstancias le han hecho experimentar más hondamente; que todos los métodos, en fin, ofrecen fundamentales analogías y, desde luego, a veces, diferencias más aparentes que reales si se mira al fondo del problema. Este método es, pues, uno de tantos, pero en nuestras propias manos ha de tener obligada utilidad. Sentimos el mayor respeto por las circunstancias y métodos que emplee cada docente. No en balde todos fuimos alumnos y aprendimos de nuestros maestros. Sintiendo a la recíproca, pensamos que quizás esta obra pueda inducir sugerencias positivas a alguno que no tenga relación con nosotros.

Zaragoza. Año 1965.

PRIMER VOLUMEN

ORGANIZACION EN DESARROLLO. RETROSOMA (DORSO). EXTREMIDAD INFERIOR. EXTREMIDAD SUPERIOR.

LA ORGANIZACION EN DESARROLLO

RETROSOMA

EXTREMIDAD INFERIOR

Páginas

EXTREMIDAD SUPERIOR

INDICES DEL PRIMER VOLUMEN

CAPÍTULO 1

ANATOMÍA = ORGANIZACIÓN, HUEVO FECUNDADO HUMANO Y FASES DE DESARROLLO ANTES DE LA DIFERENCIACIÓN EMBRIONARIA

La ANATOMÍA estudia el ser vivo humano en cuanto a su organización como posible terreno de enfermedad. La ORGANIZACIÓN de nuestro cuerpo adulto resulta un tanto compleja, por ser muchas las partes y las funciones que se distinguen en él. Sin embargo, antes de llegar a este estado adulto, el cuerpo ha seguido un DESARROLLO, a partir de fases más sencillas, durante el llamado estado embrionario. El principio mismo del desarrollo hay que referirlo a una célula primitiva: el *huevo fecundado* o *zigoto*. El zigoto humano es, pues, la primera representación de nuestro ser.

En el zigoto humano existen las mismas capacidades de nuestro cuerpo adulto, con la diferencia de que en el primer caso se encuentran en potencia, mientras que en el caso adulto tales capacidades están actualizadas. El huevo fecundado, como primera fase de desarrollo, ofrece, pues, un fundamento a nuestro estudio; su desarrollo sucesivo hacia el estado adulto, pasando por fases embrionarias intermedias, da lugar al tratado de la Embriología.[1]

HUEVO FECUNDADO

En el huevo fecundado (figs. 2 y 10) se distinguen los fundamentales componentes de toda célula, debiendo de puntualizar que su parte esencial está también en el núcleo y, en concreto, en los *cromosomas* (Cr) que lo componen; cromosomas que contrastan ostensiblemente merced a la capacidad tintorial de la *cromatina* de que están compuestos. En el huevo fecundado la cromatina está más intensamente teñida que en una célula cualquiera, siendo muy netos y diferenciados los contornos de los cromosomas. Después, tras sucesivas multiplicaciones del huevo fecundado, las células resultantes van mostrando cromosomas menos diferenciados, pues la cromatina está más difusa y es-

---

[1] Un Tratado de Embriología concentra y amplía el estudio de la Organización en el estado embrionario exclusivamente. Por circunstancias didácticas y por la manera de expresar la unidad, merecen destacarse algunos textos: KEIBEL (1911), FISCHEL (1929), M. CLARA (1949), AREY (1949), STARCK (1956), PATTEN (1956), BLECHSCHMIDT (1961), FAUTREZ (1967), HAMILTON, BOYD y MOSYSMAN (1968), y DAVID y HAEGEL (1968), LANGMAN (1969), entre otros. Debe anotarse que, tanto los tratados puros de Embriología como las obras de Anatomía Humana que necesitan los Fundamentos del Desarrollo, van ofreciendo el Substrato cada vez más unido a la meta finalista, a la par que a los principios de origen. Este criterio, ya expresado hace tiempo por PETTER (1929), llega hoy a imponerse en Anatomía. El mismo criterio se va manifestando como introducción en la pura Fisiología (LEHMANN, 1945).

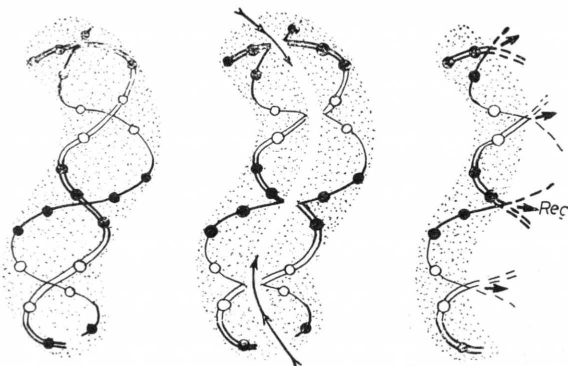


FIG. 1. — Representación esquemática del doble espirema de un cromosoma en tres situaciones diferentes: en estado de reposo, en fase de división longitudinal y en fase de regeneración.

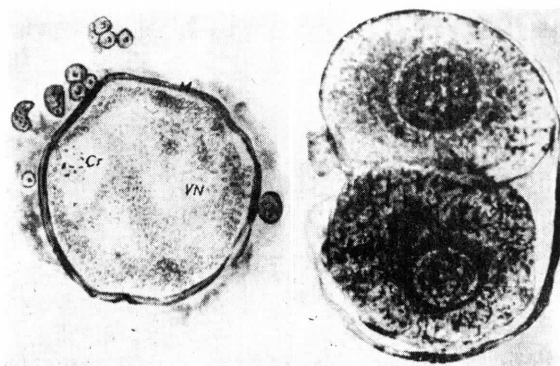


FIG. 2 FIG. 3

FIG. 2. — Zigoto humano (caso estudiado por ALLEN y col., 1930). Citoplasma y núcleo, todavía poco delimitados. Cromosomas (Cr). Vitelo nutritivo (VN). Membrana aislante o zona pellúcida (M).

FIG. 3. — Primera bipartición del zigoto, notándose que ya se manifiesta el límite entre el núcleo y el citoplasma (caso estudiado por HERTIG y col., 1954).

ponjosamente representada. Cuanto más densa es la cromatina tanta mayor potencia vital pueden representar sus cromosomas.

La organización de los cromosomas al microscopio electrónico se ofrece para cada uno (fig. 1) como una doble cadena proteica en forma de espiremas, desarrollados en sentido contrario y, por tanto, formando nudo en cada entrecruzamiento de espiremas. Las proteínas que constituyen los espiremas corresponden al llamado ácido desoxirribonucleico, y se acumulan en eslabones, capaces de regir toda clase de reacciones químicas de síntesis, inclusive el sintetizarse a sí mismo constituyendo otro ácido desoxirribonucleico. Para esta autosíntesis está siempre dispuesto el ácido desoxirribonucleico, necesitando en primer lugar una partición longitudinal del cromosoma, lo que determina una fragmentación de los espiremas en arcos, quedando unidos entre sí los de cada lado a nivel de los nudos. Cada mitad resultante del cromosoma se aleja mientras tanto se regenera el resto que se separó, resultando en consecuencia dos cromosomas exactamente iguales al primero (fig. 1).[2]

El número, la forma del cromosoma y la disposición del espirema determina la especie zoológica; por eso, cada especie ofrece una fórmula cromosómica determinada, no sólo en el huevo fecundado, sino en cualquiera de las células que deriven de él. Cuando la fórmula cromosómica es normal, las células del organismo que corresponden crecen supeditadas a una sola finalidad: la de conseguir alcanzar y mantener la integridad de

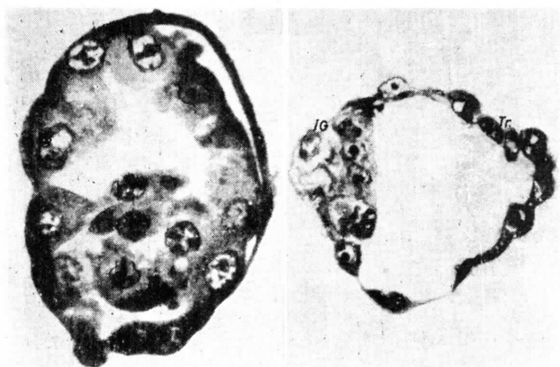


FIG. 4 FIG. 5

FIG. 4. — Mórula donde se inicia el blastocele (caso estudiado por HERTIG y col., 1954).

FIG. 5. — Mórula con gran blastocele mostrando trofoblasto (Tr) y el islote germinal (IG) (caso estudiado por HERTIG y col., 1941, 1954).

[2] Para mejor conocimiento, acudir a tratados de Genética y Bioquímica del cromosoma. Los textos de VERSCHUER (1952) y WADDINGTON (1947) permiten una introducción en la materia.

este organismo a lo largo del desarrollo en todo momento. Cuando la fórmula cromosómica o la constitución cromática se altera en algún grupo de células, la multiplicación sucesiva de ésta se hace entonces anárquica y crece independientemente, invadiendo el propio organismo de donde procede, constituyendo lo que se denomina neoplasia, cuyo ejemplo más representativo es el cáncer.

Fases de desarrollo del huevo fecundado

El zigoto, en condiciones normales, ofrece la división de sus cromosomas por el mecanismo que se indicó, duplicándolos y, en consecuencia, duplicando el núcleo y la célula misma. De esta suerte el huevo fecundado se divide en dos células iguales (figs. 3 y 11) y éstas, a su vez, en otras dos (fig. 12), continuando así, sucesivamente, duplicando el número de células en cada proceso reproductor (figs. 12 y 13). Bastan seis reproducciones sucesivas, por lo tanto, para alcanzar 64 células. Una reproducción más, da lugar a un conjunto celular superior a 100. Si tenemos en cuenta que nuestro organismo adulto puede poseer muchos millones de células, bastarían simplemente algo más de 40 reproducciones sucesivas a partir del huevo fecundado para alcanzar esta cifra. Esto es lo que ocurre, pero con velocidades diferentes, según las exigencias de nutrición por donde la multiplicación celular va pasando.

El acúmulo celular obtenido en principio



FIG. 6. — Fase de desarrollo donde el trofoblasto ha proliferado formando corion (Co), que busca contacto con el tejido materno. El islote germinal (IG) está desprendiendo el endodermo (En) (caso estudiado por HERTIG y col., 1941, 1954).



FIG. 7. — Fase de gástrula donde el islote germinal (IG) da la cavidad ectodérmica (Ec), mientras que el endodermo (En) termina cerrándose formando la cavidad endodérmica. El trofoblasto y el corion están acumulados en la periferia (Co). Nótese mesénquima (Me) (caso estudiado por HERTIG y col., 1941, 1954).

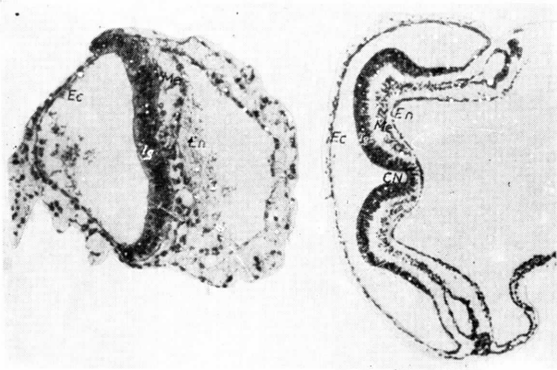


FIG. 8 FIG. 9

FIGS. 8 y 9. — Blastemas aislados mostrando el islote germinal (IG), dando el ectodermo (Ec), el endodermo (En) y el mesénquima (Me) en situación intermedia. El blastema de la figura 9 es un corte transversal de la figura 8. Nótese el llamado canal neural (CN), cogido transversalmente en una de las dos figuras. El islote germinal (IG) todavía es muy grueso, estando confundido aún con la faja ectodérmica y con el epiblasto organizador, ofreciendo el llamado canal nervioso (CN), cuyo estudio deberá de hacerse en capítulos más avanzados (caso estudiado por HERTIG, 1941, 1945).

recibe el nombre de *mórula* (figs. 4 y 13), debido al aspecto de mora que presenta. Si en una mórula (de una especie de animal de experimentación) se suprime parte de sus células componentes, las restantes deben recuperar la mórula primitiva; esta restitución se realiza tantas veces como la destrucción se produce, a causa de la extraordinaria potencia del componente desoxirribonucleínico de sus cromosomas.

Cuando la mórula ha adquirido un determinado tamaño, no pueden llegar fácilmente hasta su profundidad las substancias nutritivas del exterior que necesita; lo que obliga a que las células exteriores de la mórula formen una capa continua, capaz de saberlas absorber. Estas substancias se acumulan en una cavidad labrada en plena mórula que recibe el nombre de blastocele (figs. 5 y 15), mientras que la membrana exterior recibe el nombre de trofoblasto, pues destaca una especial capacidad de absorción de las substancias nutritivas, al mismo tiempo que pierde la potencia vital asignada a la mórula. El resto de mórula que queda en el interior es el llamado islote germinativo (IG) y conserva toda su potencia de un principio. De esta suerte se alcanza la fase llamada *blástula,* constituida por un trofoblasto, dentro del que existe un blastocele con substancias nutritivas acumuladas y además el islote germinativo (figs. 5 y 15).

Tras la blástula viene otra fase llamada *gástrula,* necesaria para digerir y hacer más asimilables las substancias absorbidas. Para ello, del islote germinativo se desprenden células que forman membrana cerrada en cavidad, constituyendo el *endoblasto* o *endodermo,* cavidad que actúa de verdadero estómago, por tanto, con capacidad de digerir (figuras 16 y 9).

Estas fases antes citadas se suceden con rapidez; y así, el huevo alcanza la fase de *mórula* hacia el 4.° día; de *blástula* hacia el 5.°, iniciándose ya la implantación en el tejido materno, y de *gástrula* al comienzo de la 2.ª semana.

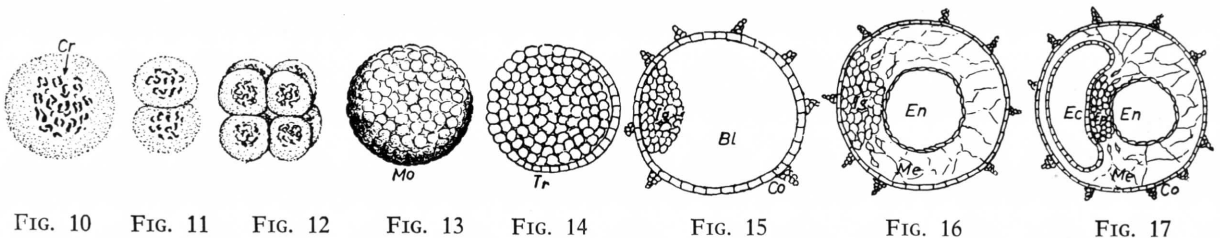


FIG. 10 FIG. 11 FIG. 12 FIG. 13 FIG. 14 FIG. 15 FIG. 16 FIG. 17

FIGS. 10 a 17. — Fases esquemáticas de desarrollo desde el zigoto (fig. 10). Bipartición (fig. 11). Fase de mórula con ocho células (fig. 12). Fase de mórula de muchas células (fig. 13). Mórula con trofoblasto (Tr) (fig. 14). Una blástula (fig. 15) con islote germinal (IG) y blastocele (Bl). Fase gástrula (fig. 16) con islote germinal (IG), endodermo (En) y mesénquima (Me). Blastema (fig. 17) donde aparecen los mismos elementos de la fase anterior, añadiendo el ectodermo (Ec), diferenciándose el epiblasto (Ep) y transformándose el trofoblasto en corion (Co).

Las substancias que ha asimilado el islote germinativo para su nutrición obligan a la formación de otras, de desasimilación o desecho, que deben ser eliminadas. Éstas se van acumulando en el polo opuesto del islote germinativo, constituyendo a expensas del mismo una nueva cavidad más cerca del exterior. Así se forma el llamado *ectodermo* o *ectoblasto* (fig. 17). Por último, para facilitar el proceso de absorción y de conducción de los productos, se forma una esponja intermedia a base de células desprendidas, también del islote germinativo, células que se disponen como un tejido reticular esponjoso entre el trofoblasto, el endodermo y el ectodermo, constituyendo el llamado mesoblasto o también mesénquima. De esta suerte, diferenciado el endoblasto, el ectoblasto y el *mesoblasto,* queda aún un buen resto de islote germinativo, que posee toda la potencia vital y formadora que veíamos en la mórula en un principio. Es el llamado epiblasto (fig. 17, Ep.).

Epiblasto, ectoblasto, endoblasto, mesoblasto y trofoblasto, en conjunto, constituyen el llamado *blastema embrionario* (figuras 17, 8 y 9) eficazmente nutrido para un sucesivo desarrollo.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ANATOMÍA = ORGANIZACIÓN. DESARROLLO. *Zigoto = Huevo fecundado. Cromosomas.* Cromatina. Espirema. Ácido desoxirribonucleico. *Mórula. Blástula.* Trofoblasto. Blastocele. *Islote germinal. Gástrula. Blastema.* Endoblasto = Endodermo. Ectodermo = Ectoblasto. Mesoblasto = Mesénquima + Mesodermo.

CAPÍTULO 2

DIFERENCIACIÓN DEL CUERPO EMBRIONARIO Y DE SUS ANEJOS

En el blastema embrionario, ya conocido, vemos que algunos de sus componentes, como el endoblasto, ectoblasto y mesénquima, confluyen en el epiblasto, para constituir la llamada *placa embrionaria.* De ésta se diferenciará el cuerpo del embrión. Para ello notemos (fig. 18) que los componentes indicados se reúnen más concretamente aún en el llamado *nudo* o *encrucijada epiblástica* (Nu); así: el endoblasto (En) evagina una fosita que contacta con otra fosita análoga evaginada del ectoblasto (Ec), notando también que este contacto lo hace a su vez el mesénquima (Me). El epiblasto, aunque muy comprimido aquí, también integra el nudo y empieza a crecer exuberantemente; no anularmente alrededor del nudo, sino en una parte tan sólo (Ep). De esta suerte, el epiblasto, al crecer sólo a un lado del nudo, rechaza el ectoblasto (fig. 19), que formará hernia tapando la fosita ectoblástica del nudo y rebasándolo, formando así una nueva coaptación, llamada *línea primitiva* (LP) (fig. 19), que, naturalmente, arranca del nudo epiblástico (Nu). La parte opuesta del nudo crece en sentido contrario, siempre en el seno del epiblasto, y constituye un cordón llamado *notocorda* (No). Más adelante (figura 20) la notocorda sigue creciendo a la par que el epiblasto, alejándose del nudo cada vez más, dando lugar al *cuerpo embrionario.*

El cuerpo embrionario ofrece pues dos prolongaciones. Una, *caudal* (Cau), y otra, *cefálica* (Cf), continuadas entre sí por la espalda del embrión; la prolongación cefálica o cabeza se encuentra algo libre; la prolongación caudal o cola conserva su adherencia a la zona del nudo, formando la *línea primitiva.* En el interior del cuerpo embrionario permanece el epiblasto creciendo exuberantemente (fig. 21).

Hemos visto que el crecimiento exuberante del epiblasto hizo que se diferenciase en su espesor la notocorda para servir de eje de sostén al embrión. La notocorda tiene también capacidades inductoras, influyendo sobre el endodermo, atrayéndolo, dando lugar ventralmente a un tubo, tendido también de la cabeza a la cola, que va a constituir el primitivo *tubo digestivo* (TD) (figuras 21 y 22).

El embrión, durante este crecimiento, ha agotado las reservas nutritivas existentes dentro de la cavidad endodérmica (figs. 21 y 22). Por este motivo, dicha cavidad va reduciéndose de tamaño, constituyendo el llamado *saco vitelino* (SV) (fig. 22) o también *vesícula umbilical,* resto del saco endodérmico, sin apenas reserva nutritiva. Para subvenir estas necesidades de crecimiento cada vez más apremiantes, se va a formar un nuevo órgano de nutrición, consistente en un conducto que prolonga la parte caudal del tubo digestivo y que recibe el nombre de *alantoides* (Al) (figs. 21 y 22), llegando al trofo-

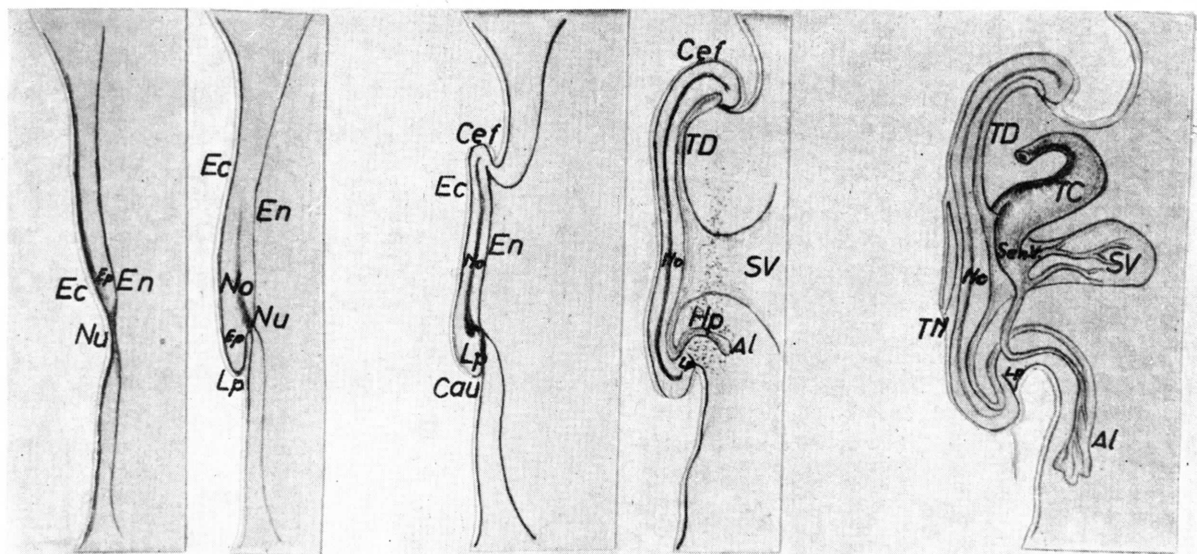


FIG. 18 FIG. 19 FIG. 20 FIG. 21 FIG. 22

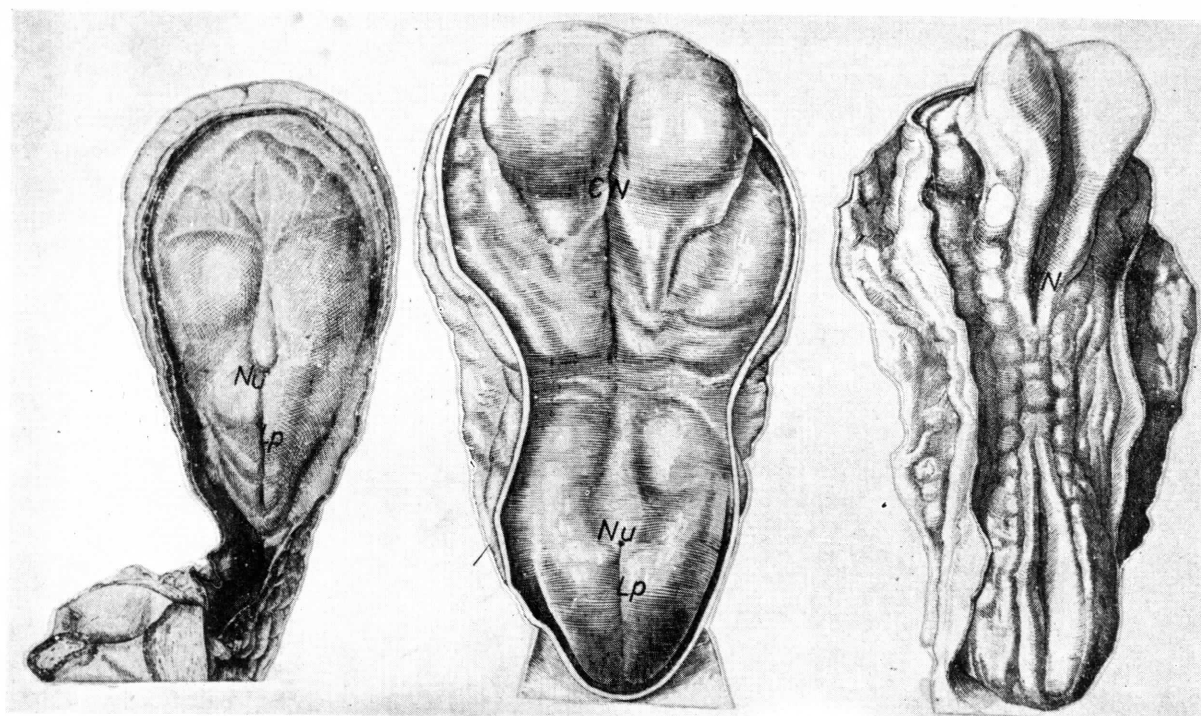


FIG. 23 FIG. 24 FIG. 25

FIGS. 18 a 25. — Placa embrionaria en diversas fases de desarrollo vista lateralmente (figs. 18 a 22) y vista de frente por el lado ectodérmico (figs. 23 a 25). Nótese el nudo epiblástico (Nu) que crece excéntricamente y va enterrando a la línea primitiva (LP). Alantoides (Al). Ectodermo (Ec). Endodermo (En). Epiblasto (Ep). Hipoblasto (Hp). Línea primitiva (LP). Notocorda (No). Nudo epiblástico (Nu). Tubo cardiaco (TC). Tubo nervioso (TN). Saco vitelino (SV). Aunque ello se tratará más adelante, nótese ahora el canal neural (CN) (fig. 25) y el relieve de algunos somitas (casos estudiados por HEUSER, 1930, 1932, 1945, y por PAYNE, 1925).

blasto para canalizar directamente de allí las substancias absorbidas. El alantoides se constituye pues a expensas del endodermo y también del mesénquima envolvente del tubo digestivo; sin embargo, dicho proceso de formación es influenciado por la línea primitiva (LP) (figs. 21 y 22), que se convierte en un verdadero inductor del substrato de las funciones nutritivas. A estos efectos, de la línea primitiva (LP) (fig. 21) se desprende tejido capaz de inducir. Dicho tejido se le llama *hipoblasto* (Hp) para distinguirlo del clásico *epiblasto*. Al llegar el alantoides (Al) (fig. 26) a contactar con el trofoblasto, éste crea vellosidades macizas que se prolongan en el interior materno, aumentando la superficie de absorción de las substancias nutritivas. Así se constituye el llamado *corion* (Co), que no es otra cosa que vellosidades macizas del trofoblasto, también denominadas *vellosidades coriales*. Las células de estas vellosidades, aparte de su capacidad de absorción nutritiva, segregan una hormona, la llamada *Coriogonadotropina*, que difundida por el tejido materno, entre otras cosas, atrae los vasos sanguíneos que en dicho tejido pudieran existir.

La neoformación y acúmulo de vasos sanguíneos en el tejido materno provoca la constitución de algunos lagos de sangre (LS) (figura 26) en aquella zona de corion, precisamente situada frente a la terminación del alantoides (Al). Estos lagos sanguíneos ofrecen un depósito nutritivo que el embrión debe de absorber mediante nuevas vellosidades que emergen del trofoblasto, diferentes de las coriales. Se trata de las llamadas *vellosidades placentarias*, muy profusas, ramificadas en el seno del lago sanguíneo y rellenas interiormente de mesénquima, continuación del mesénquima que rodea el alantoides. Estas vellosidades, exteriormente, están cubiertas por trofoblasto, y algunas de ellas han empujado por delante restos de vellosidades coriales. Así queda constituida la llamada *placenta*, a base del «lago sanguíneo materno y vellosidades placentarias introducidas en él, dotadas de gran capacidad de absorción», como corresponde a la constitución esponjosa del mesénquima que la rellena y que se continúa a lo largo del alantoides hasta el cuerpo embrionario. Así pues, las exigencias progresivas en la nutrición del embrión determinan la sucesiva aparición del *trofoblasto*, *corion* y *placenta*, estructuras que brindan cada vez mayores posibilidades de intercambio nutritivo entre el feto y la madre. Satisfechas en esta fase las necesidades nutritivas incrementadas, aumentan también paralelamente las necesidades de eliminación de substancias de desecho, las cuales van filtrándose por los tejidos embrionarios

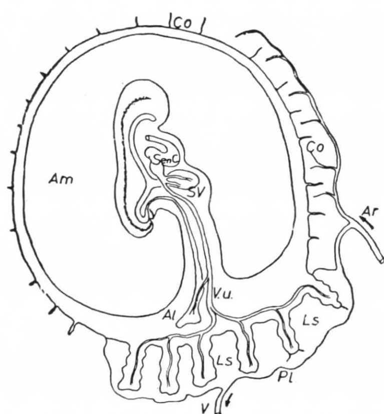


FIG. 26

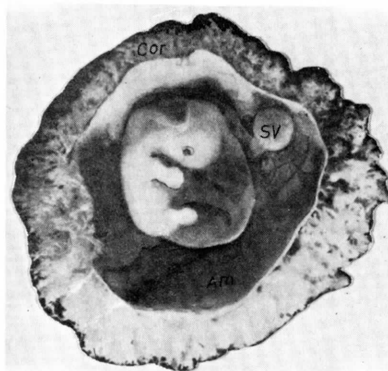


FIG. 27

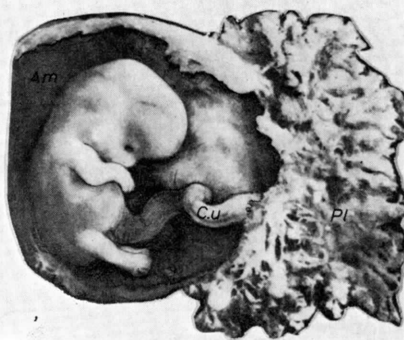


FIG. 28

FIG. 26. — Esquema de cuando se diferencia el embrión y sus anejos. Las figuras 27 y 28 corresponden a embriones humanos implantados de 15 a 20 mm, respectivamente (estudiados por BLECHSCHMIDT, 1961).

LEYENDA COMÚN DE LAS FIGS. 26 a 28. — Alantoides (Al). Amnios (Am). Corion (Co). Cordón umbilical (CU). Placenta (Pl). Saco vitelino (SV). Tubo cardiaco (TC). Vena umbilical (VU).

hasta la cavidad ectodérmica que las acumula. Esta cavidad crece así considerablemente, haciendo que el ectodermo vaya adaptándose al cuerpo embrionario cada vez, haciendo que éste se pediculice permitiendo la diferenciación de más partes, como el vientre del embrión y el cordón umbilical que une el vientre con los anejos nutritivos; en concreto, con la placenta. De esta suerte, la cavidad ectodérmica queda convertida en la llamada *cavidad amniótica,* dentro de la cual queda el embrión libre, sólo conectado con las membranas exteriores mediante el cordón umbilical.

Esta fase de desarrollo es la llamada fase de diferenciación del embrión y de sus anejos nutritivos. Así el EMBRIÓN queda ostensiblemente con una *cabeza, espalda, cola, vientre* y *ombligo,* continuando con el llamado *cordón umbilical.* La cubierta del cuerpo embrionario es un *ectodermo.* En su interior se encuentra sucesivamente el *epiblasto* con la *notocorda* diferenciada en su seno, así como el *tubo digestivo* derivado del endodermo, del que deriva la vesícula umbilical y de cuyo extremo caudal sale el *alantoides* inducido por la línea primitiva y el hipoblasto. Entre los ANEJOS NUTRITIVOS del embrión, aparte de la *vesícula umbilical* y el *alantoides,* están el *corion,* la *placenta* y la *cavidad amniótica.*

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

PLACA EMBRIONARIA. *Nudo epiblástico* = *Nudo de* HENSEN. *Notocorda. Línea primitiva.* Hipoblasto. Epiblasto. *Saco vitelino* = *Vesícula umbilical. Alantoides. Corion.* Coriogonadotropina. *Placenta.* Vellosidades. *Amnios.*

CAPÍTULO 3

EMBRIOLOGÍA COMPARADA Y EMBRIOLOGÍA EXPERIMENTAL

El desarrollo embrionario del hombre ofrece analogías y diferencias con el de los animales afines. Las diferencias se manifiestan tanto más marcadamente cuanto más avanzado desarrollo se haya alcanzado y más distantes sean las especies a comparar. Ello guarda paralelo con su *organización finalista.* Las analogías, en cambio, se ofrecen más ostensibles en los primeros momentos del desarrollo, ya que entonces la organización finalista está en potencia, expresándose sólo una *organización general* para el crecimiento y nutrición, tan similar en las diversas especies.

El desarrollo embrionario del individuo en cada especie tiene un interés comparativo extraordinario, al poder así referir al hombre algunas circunstancias especiales de estudio, sobre todo las desencadenadas experimentalmente en los animales. Estas circunstancias experimentales modifican el desarrollo embrionario y aportan sobre la mecánica del mismo. De aquí que la EMBRIOLOGÍA EXPERIMENTAL y la MECÁNICA DEL DESARROLLO [3] sean expresiones de un mismo campo, íntimamente unido al de la EMBRIOLOGÍA COMPARADA,[4] donde el investigador tiene que desenvolverse.

Para no apartar a este tratado de sus directrices, interesa aquí solamente puntualizar referencias comparativas de desarrollo en algunos estadios y circunstancias críticas, como es la placa embrionaria, así como algunas fases previas de desarrollo; en las fases finales interesa concretar sobre los anexos nutritivos que las mantienen y, en especial, en la placenta, si existe.

La *placa embrionaria,* cuando va a formar el cuerpo del embrión, como vimos en la especie humana (figs. 18 a 25), muestra ya ostensibles referencias específicas. En las *aves* (figs. 29 y 30) advertimos que el nudo epiblástico de HENSEN (Nu) tarda en acumularse, mostrando en cambio un orificio de comunicación entre la parte ectodérmica y la endodérmica. Dicho orificio está alargado longitudinalmente (fig. 29) y cuando se suelda, constituyendo el nudo, se forma caudalmente la línea primitiva; oralmente, en cambio, crece formando la notocorda en profundidad. La notocorda no se aprecia en la figura, máxime al inducir ella misma en el ectodermo, bajo el cual se encuentra el llamado «canal neural» (CN), que lo tapa y cuyo estudio concreto deberá hacerse más

---

[3] Como introducción a la Embriología Experimental merecen tenerse en cuenta algunos manuales, como DALCQ (1935), HAMBURGER (1942)...

[4] Algunos manuales como introducción a la Embriología comparada: BRACHET (1955), para los vertebrados; PATTEN (1948), para las aves. Como obra extensa de Embriología Comparada y Fundamentos Experimentales, merece tenerse en cuenta a HERTWIG (1906).

adelante. Dicho orificio de comunicación ectoendodérmico se hace tanto más ostensible cuanto más primitiva es la especie. En *especies más inferiores* persiste indefinidamente y servirá de ano en el estado adulto; en consecuencia, se dificultará la formación de la línea primitiva. Algo parecido puede decirse de la notocorda, cuyo retraso al crecer y, por lo tanto, para inducir la diferenciación de la extremidad oral del embrión, se hace patente en las especies inferiores.

Las primeras fases de desarrollo en casi todas las especies no ofrecen más diferencias que las obligadas para asegurar su apropiada nutrición según las diferentes circunstancias en que se desenvuelven. Así los animales *precordados*, cuyo tipo es el *Anfioxus* que vive en medio marino en el estado adulto, ofrecen muy simple organización: el zigoto tiene poco vitelo nutritivo en el protoplasma y, por lo tanto, se encuentra repartido uniformemente, de aquí el nombre de *zigoto isolecito*. Por este motivo se puede dividir uniformemente, alcanzando una *mórula isocelular* (Mor) (figs. 30 y 31). La *blástula* será una sola hoja sin islote germinal (Bla) (figura 32), lo que le dará el nombre de *isoblástula*, teniendo todas sus células componentes la misma potencia de desarrollo. La *gástrula* (Gas) (fig. 33) resulta fácilmente si se evagina una parte de la blástula, lo que da lugar al endodermo, siendo el ectodermo, en consecuencia, la parte residual de blástula exterior; así queda automáticamente implantada la comunicación ectoendodérmica, cuyos márgenes o labios adquieren la máxi-

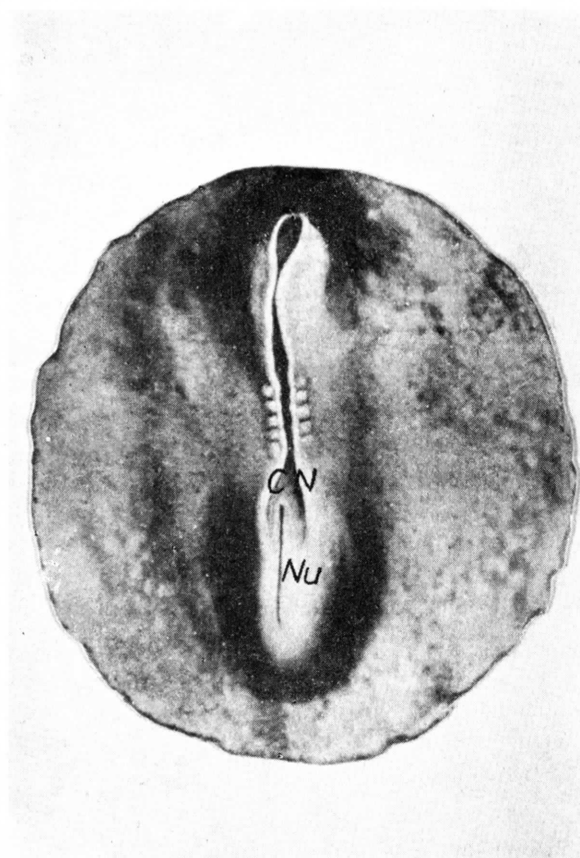


FIG. 29. — Placa embrionaria de ave de dos días de incubación (observación de PATTEN, 1948) mostrando el nudo epiblástico (Nu), todavía perforado, y el canal neural (CN) esbozado con cinco somitas, visibles a cada lado.

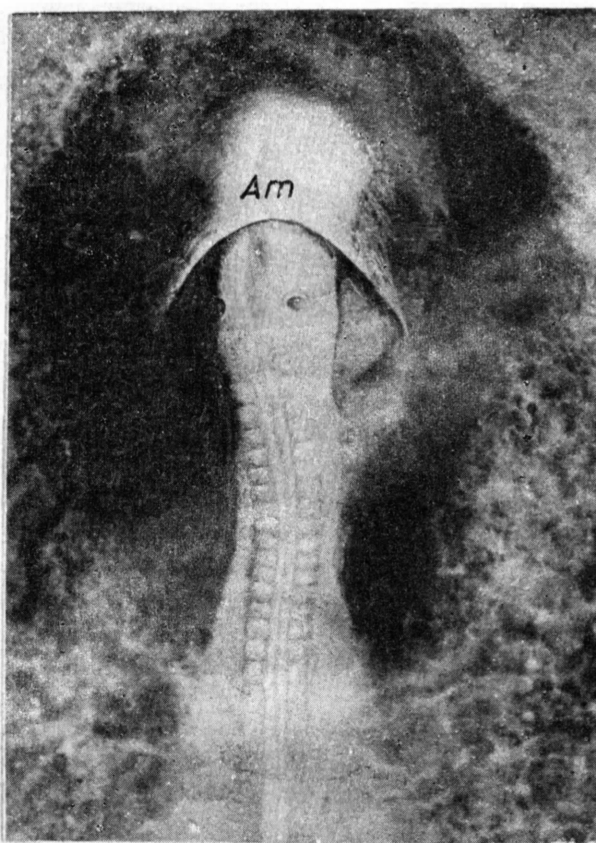
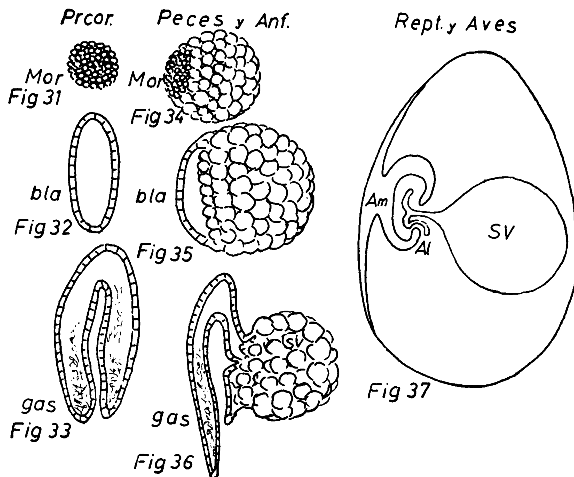


FIG. 30. — Embrión de ave de cuatro días de incubación (caso observado por PATTEN, 1948). El soma embrionario emerge sobre la placa, mostrando visibles casi todos los somitas. Nótese (Am) la iniciación del capuchón amniótico en la parte cefálica.



ma potencia formativa, creciendo hacia la profundidad, dando lugar a un mesénquima que rellena el intersticio ectoendodérmico. El animal, así, ofrece en su interior endodérmico el tubo digestivo primitivo abierto por el ano. Sólo quedaría por formarse la abertura oral, que se hará más tarde por perforación del polo opuesto.

Los *peces* y *anfibios*, aunque viven también en medio líquido, alcanzan en el estado adulto una organización más avanzada que los procordados y, a veces, un gran volumen. Por eso, el *zigoto* tiene bastante vitelo, lo que le da el nombre de *zigoto lecito*. A veces el vitelo del zigoto es tan abundante que se acumula en un polo, tomando el zigoto el nombre de *telolecito*. Por estos motivos, su división se hará irregularmente, pues ofrecerá gran dificultad en las zonas donde se acumula el vitelo, resultando una *mórula heterocelular* (fig. 34), acumulándose las células pequeñas en el polo activo que no hay vitelo, y células grandes, en cambio, en el polo nutritivo, donde el vitelo abunda. La *blástula* (Bla) (fig. 35) deja cavidad excéntrica al ofrecer manifiesta inercia formativa las células grandes que sólo sirven para la nutrición. La *gástrula* (Gas) (fig. 36) se forma fácilmente en la mayor parte de las ocasiones por invaginación de la blástula, recordando un poco al anfioxus, alcanzando entonces la forma rudimentaria del animal adulto, que ofrece en su interior el tubo digestivo abierto por el ano, pero aún imperforado oralmente. El vientre del animal muestra el saco vitelino (SV), que le seguirá nutriendo mientras tenga reservas y no le impide moverse libremente (figs. 36 y 41).

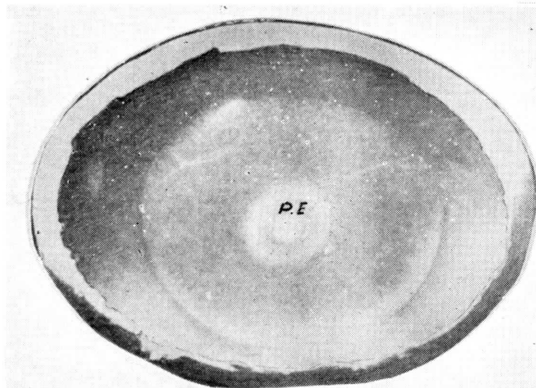
Los *reptiles* y *aves*, al desarrollarse dentro de un reducido espacio, revestido de la cáscara aislante del huevo, necesitan un zigoto extraordinariamente cargado de vitelo que invade casi todo el espacio disponible. El vitelo corresponde a la yema constituida por substancias inmediatamente aprovechables; corresponde también a la clara, cuyas proteínas, más complejas, serán aprovechables para la nutrición en fases más avanzadas de desarrollo (fig. 38). La parte activa es un pequeño disco no mayor de un milímetro de diámetro (PE), que constituye la *placa embrionaria* después de haber pasado rápidamente por las fases precedentes. Notemos más adelante que la placa da lugar al cuerpo embrionario y a los anexos (fig. 39). Esquemáticamente, el cuerpo del embrión de pollo y sus anexos (fig. 37) recuerdan a lo indicado en la especie humana. Notemos, sin embargo, que la *vesícula umbilical* o *saco vitelino* (SV) durará todo el desarrollo, pues aunque se inicia el *alantoides* (Al), en seguida se detiene, no existiendo *placenta* por lo tanto, máxime al no poder contar con el tejido materno. El *amnios* (Am) se forma a posteriori en forma de dos capuchones que crecen y van tapando al cuerpo embrionario por la cabeza y por la cola conforme se va hundiendo en el vitelo de la profundidad del huevo.

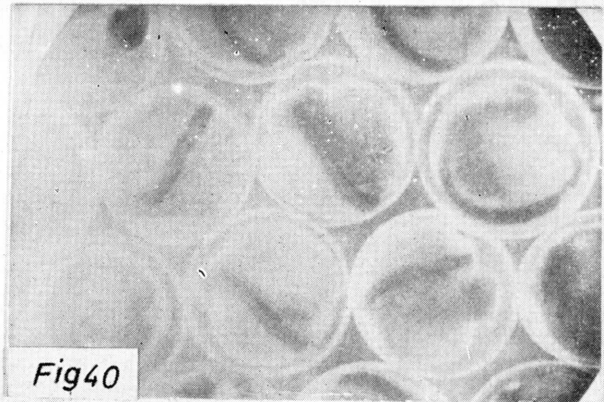
En las primeras fases del desarrollo que estamos estudiando, advertimos que en todos los órdenes de la escala zoológica de los vertebrados va sucediéndose la mórula, la blástula y la gástrula en fases fácilmente comparables. Al avanzar el desarrollo y hacerse ostensible el blastema embrionario, aparece el mesénquima entre el ectodermo y el endodermo. Su manera de aparecer difiere un tanto según las especies, pues en las más primitivas, como ocurre en el anfioxus, acontece una invaginación de los labios del orificio ectoendodérmico, hacia el intersticio existente entre el ectodermo y endodermo, constituyéndose en consecuencia la cavidad mesodérmica, que se cierra en seguida a nivel de su zona de origen, empezando sus pa-

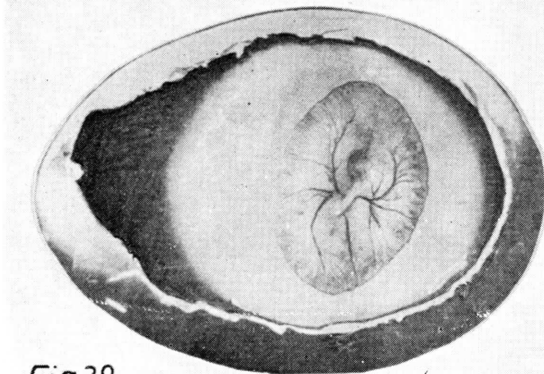
redes a segregar mesénquima. Por eso, en el anfioxus, una vez constituido el ectodermo y el endodermo, hay que hablar también de la constitución de la cavidad mesodérmica, que a su vez segrega el mesénquima. En algunas especies de peces, aún puede darse esta circunstancia del anfioxus, pero en otras especies y en las restantes de la escala, el mesénquima nace directamente por proliferación de los labios del orificio ectoendodérmico hacia el intersticio ectoendodérmico, de tal forma que la cavidad mesodérmica que con el tiempo aparece se realiza después.

Anexos nutritivos de últimas fases de desarrollo: la placenta. La placenta se dispone de la manera más apropiada para que se realice la nutrición según la especie. Para lograr este propósito, queremos resaltar que la placenta no es una organización estática, sino que desde su constitución como tal, durante el 3.er mes, sigue perfeccionando su estructura y, por tanto, sus mecanismos de intercambio a lo largo de todo el desarrollo fetal. Es de destacar la aparición de microvellosidades en sus células de revestimiento, y el sucesivo adelgazamiento de la barrera materno-fetal que queda reducida al final del embarazo a un espesor de 2 a 5 mm.

Así será fácil comprender que, a través de esa delgada lámina tisular, se puedan difundir pasivamente muchas substancias, o que por el procedimiento del transporte activo,







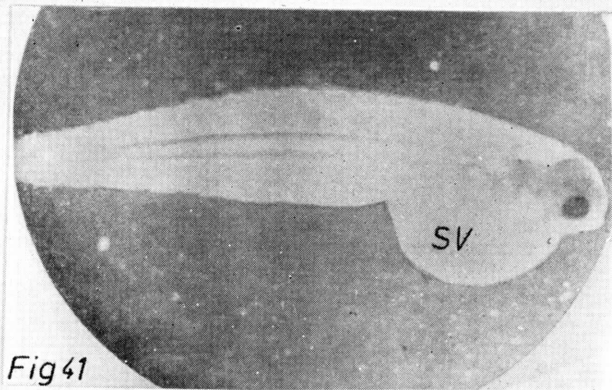


FIG. 38. — Huevo de gallina mostrando sobre la yema la placa embrionaria (PE).

FIG. 39. — El embrión de pollo ya está diferenciado sobre la placa embrionaria, viéndose también vasos vitelinos que invaden la yema (cinco días de incubación).

FIG. 40. — Huevos de pez donde está diferenciado el cuerpo embrionario y el saco vitelino, pero encerrados aún en una membrana protectora.

FIG. 41. — El cuerpo embrionario del pez, libre ya en el medio líquido, se va desarrollando mientras consume el saco vitelino (SV), todavía visible.

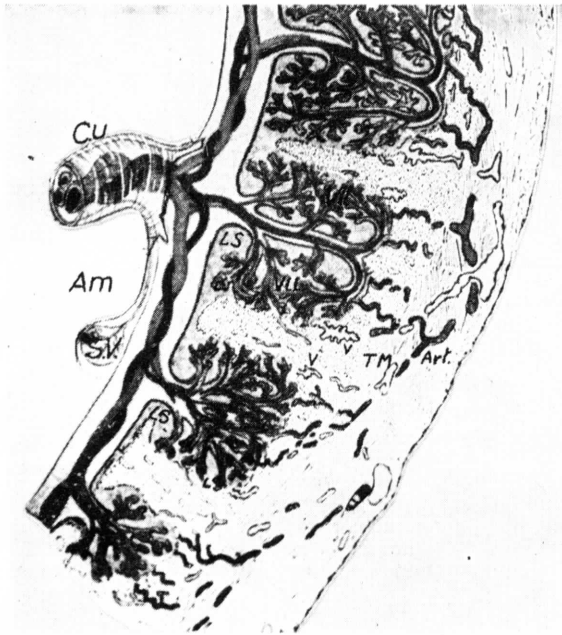


Fig. 42. — *Placenta hemocorial (humana)* (esquema tomado de Patten, 1962). Cordón umbilical (CU). El contacto (materno-fetal) se hace mediante lagunas sanguíneas (LS), donde están sumergidas las vellosidades placentarias (Vll). Nótese la aferencia arterial (Ar) y el drenaje venoso de las lagunas (V). Amnios (Am). Saco vitelino (SV).

basado en la selectividad de la membrana, la placenta tenga un control sobre los productos que dejen o no atravesarla.

Por estos procedimientos, pasan de la madre al feto: O_2, agua y electrólitos todos los principios inmediatos, hormonas, anticuerpos, medicamentos, virus, etc...; pasando en sentido contrario el CO_2, agua y productos de desecho (urea, fundamentalmente), así como algunas hormonas en pequeña cantidad que los órganos endocrinos del feto empiezan a producir.

En el caso del *hombre*, la nutrición debe de durar el largo período de nueve meses, que es el desarrollo durante el embarazo. Los lagos sanguíneos (LS) (fig. 42) que proporciona el tejido materno para formar la placenta permiten que las vellosidades (Vll) proporcionadas por la parte embrionaria puedan hacer una absorción apropiada, con el máximo aprovechamiento. Así se alcanza, entre otras cosas, el más alto nivel del desarrollo embrionario que podemos referir al Sistema Nervioso.

En los *animales*, en cambio, aun refiriéndonos a lo más elevado de la escala zoológica, como son los primates, se muestra un sistema nervioso mucho menos desarrollado que el del hombre. En el *chimpancé, gorila, orangután*, etcétera, el sistema nervioso, que seguimos tomando como ejemplo, ocupa proporcionalmente un volumen menor de la mitad que en el caso del hombre. Ésta es una de las circunstancias para que la placenta, que tiene que nutrir hasta el desarrollo final, no necesite ejercer temporalmente tanta capacidad nutritiva. Éstas (y otras circunstancias que no mencionamos) coinciden con que los lagos sanguíneos placentarios del tejido

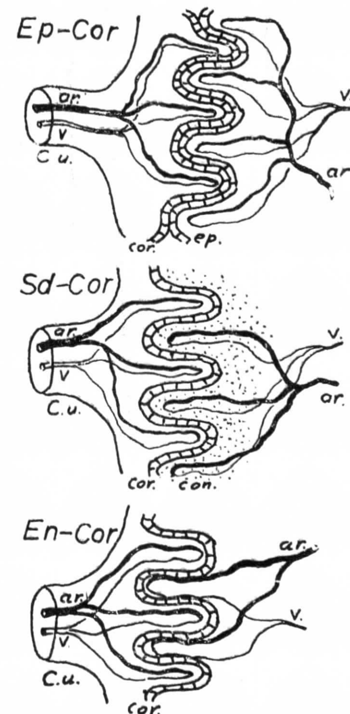


Fig. 43. — Placentas de mamíferos (cuadrúpedos) esquemáticamente representadas. Cordón umbilical (CU). Arterias (Ar). Venas (V). Placenta *epitelio-corial* (Ep-cor) propia de los *équidos*, cuyo contacto materno es el epitelio uterino (Ep) y el corion embrionario (Cor). Placenta *sindesmocorial* (Sdcor), propia de los bóvidos, cuyo contacto materno es un tejido conjuntivo (Con). Placenta *endotelio-corial* (En-cor), propia de los *suidos*, cuyo contacto materno es el endotelio vascular directamente, pero sin ensancharse para formar lagunas sanguíneas.

materno, donde las vellosidades se introducen, estén más reducidos. Entre los *monos*, en el *Macacus Rhesus* los lagos sanguíneos placentarios ya no existen casi. Dejando el grupo de los *cuadrumanos* y pasando a los *cuadrúpedos* de cualquier especie, pero siempre dentro de los *mamíferos*, el sistema nervioso (que continuamos tomando como referencia) es mucho más reducido, lo que coincide con que no hay lagos sanguíneos placentarios; en consecuencia, los vasos maternos se capilarizan sin formar lagos entre las vellosidades placentarias; con ello la capacidad nutritiva para un alto nivel de desarrollo es todavía menor. En este grupo zoológico, la placenta ofrece diversos matices de organización según la especie, matices que tienen un profundo significado pero que se escapan de las directrices de la presente obra, ya que corresponden a materia de los tratados de Obstetricia Veterinaria (véase leyenda de la fig. 43).

En las aves y reptiles, como órdenes más inferiores a los mamíferos, la perfección de su desarrollo (sistema nervioso) es todavía más inferior, lo que coincide en que la placenta, que es el órgano de nutrición a largo plazo, no llegue a formarse (el desarrollo de estos animales suele hacerse en menos de un mes). Además, recuérdese que el desarrollo de las aves y anfibios no necesita conexión con el tejido materno, por lo cual el zigoto se aísla del exterior mediante una cáscara de huevo. Por eso, el huevo de las especies de estos órdenes tiene que mostrar un considerable acúmulo de substancias nutritivas para que se desarrolle sin necesidad de ayuda exterior, disponiéndose en la *clara*, cuyas complejas proteínas ofrecen muchas variedades, y en la *yema*, donde sus proteínas y demás principios inmediatos se encuentran en situación de solubilidad apropiada para asimilarse en las primeras fases sin apenas digestión.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

EMBRIOLOGÍA COMPARADA. MECÁNICA DEL DESARROLLO = EMBRIOLOGÍA EXPERIMENTAL. *Placa embrionaria. Zigoto.* Isolecitos. Lecitos. Telolecitos. *Placenta.* Hemocorial. Endoteliocorial. Sindesmocorial. Epiteliocorial. *Mamíferos.* Hombre. Primates. Cuadrumanos. Cuadrúpedos. *Aves. Reptiles. Anfibios. Peces. Procordados.*

CAPÍTULO 4

RELACIONES ENTRE CRECIMIENTO Y ORGANIZACIÓN. ORGANIZADORES E INDUCTORES. TEJIDOS Y SISTEMAS, ÓRGANOS, APARATOS Y VÍSCERAS. RECONSTRUCCIONES EMBRIOLÓGICAS. MECÁNICA DEL DESARROLLO

Inmediatamente diferenciado el cuerpo embrionario, acontece un proceso de Crecimiento de sus partes componentes y al mismo tiempo se van expresando nuevas Organizaciones, de tal manera que CRECIMIENTO y ORGANIZACIÓN se realizan paralelamente. La Organización tiende hacia dos objetivos fundamentales. Uno es el formar los substratos que rijan todas las necesidades nutritivas que se vayan creando. El otro es el organizar también substratos, pero para alcanzar, concretamente en el estado adulto, la *finalidad específica* del individuo. Por eso, la Organización es *trófica* y, además, *finalista específica,* siendo esta última, fundamental, a la que debe de supeditarse la primera.[5]

La Organización radica en los llamados ORGANIZADORES E INDUCTORES, los cuales recaen precisamente en los tejidos embrionarios más indiferenciados y, por lo tanto, más primitivos. Ambos términos se confunden corrientemente, si bien se aplica a veces el nombre de *Organizador* a aquel tejido embrionario que, además de influir en la organización de los tejidos circundantes, interviene directamente como substrato de la Organización, por cuyo motivo perdura como elemento director y, a la vez, como parte constituyente. El término *Inductor* correspondería al tejido embrionario que sólo rige una fase de Organización de tejido adyacente, no pudiéndose destacar morfológicamente en el seno del substrato, sino indirectamente, por sus efectos. El Inductor, pues, desaparece una vez cumplida su misión temporal; además, se encuentra siempre indiferenciado; sin embargo, se le representa en los grabados esquemáticamente por ayudar al mejor entendimiento de la mecánica del desarrollo. La Inducción y la Organización ofrecen ya mecanismos bioquímicos fundamentados que

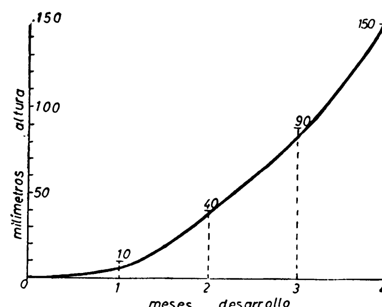


FIG. 44. — Relación *tiempo-altura* del desarrollo embrionario humano en los primeros cuatro meses.

[5] Ambos objetivos se advierten claramente en los tratados sobre Morfología que manejan concretamente el concepto de Organización, tanto en períodos precoces (DALCQ, 1938) como en estado adulto (BRAUS, 1960).

pueden estudiarse en tratados de Embriología Experimental.

La Organización y la Inducción ya se manifiestan desde las primeras fases y, por lo tanto, en la *mórula* cuando todos los componentes de la misma crecen supeditados a una directriz común o bien crecen independientemente si se les aísla como se hace en EMBRIOLOGÍA EXPERIMENTAL. También se manifiesta en el *blastema embrionario* cuando el nudo epiblástico crece excéntricamente. A este propósito notamos (figs. 19, 20, 23 y 24) que el nudo epiblástico (Nu), en dirección caudal, da lugar a la línea primitiva (LP), mientras que en dirección oral da lugar a la notocorda (No) rodeada de abundante tejido epiblástico, que es el que inicia la diferenciación del soma embrionario. La notocorda, y

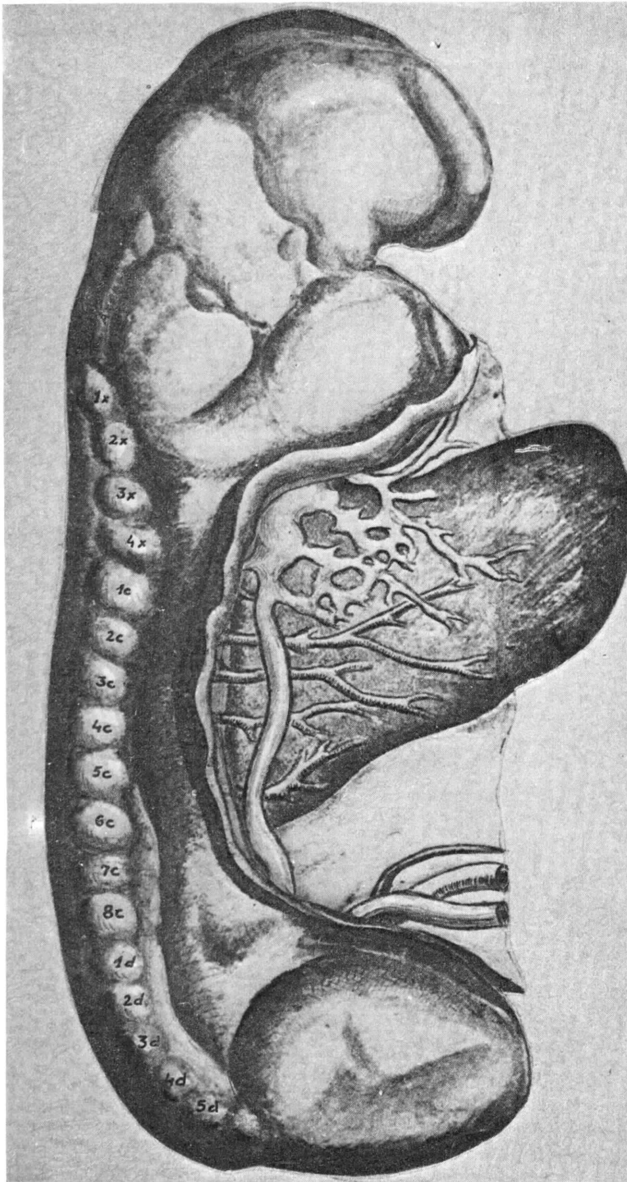


FIG. 45. — *Embrión humano de 2 mm* (tomado parcialmente del caso estudiado por HEUSER, 1932). Panorama cutáneo.

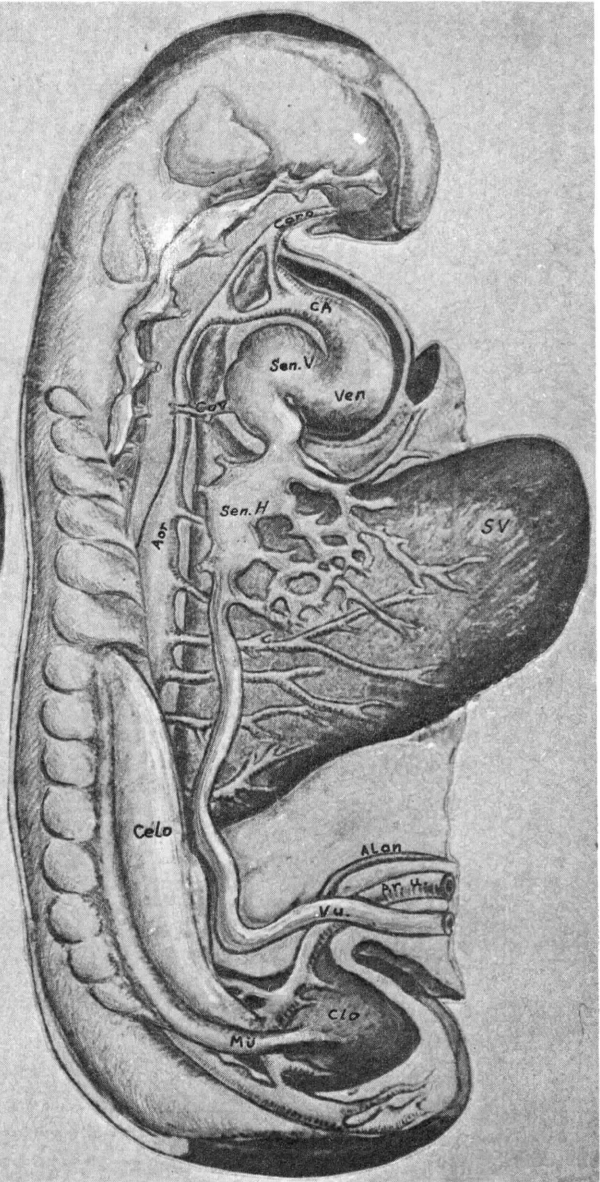
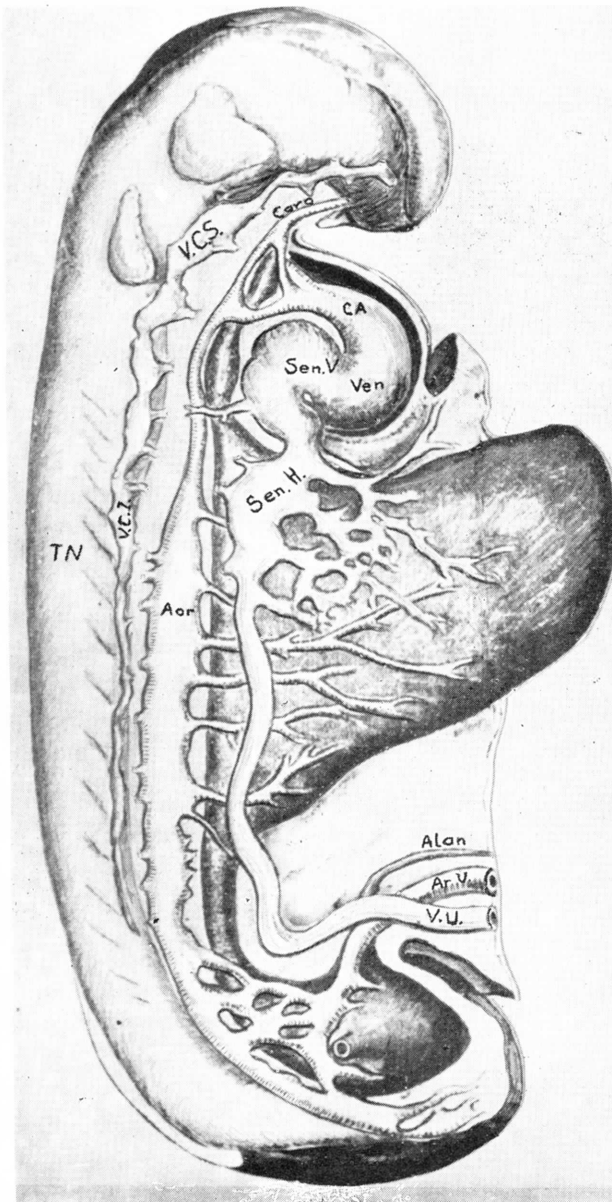


FIG. 46. — Panorama metamérico.



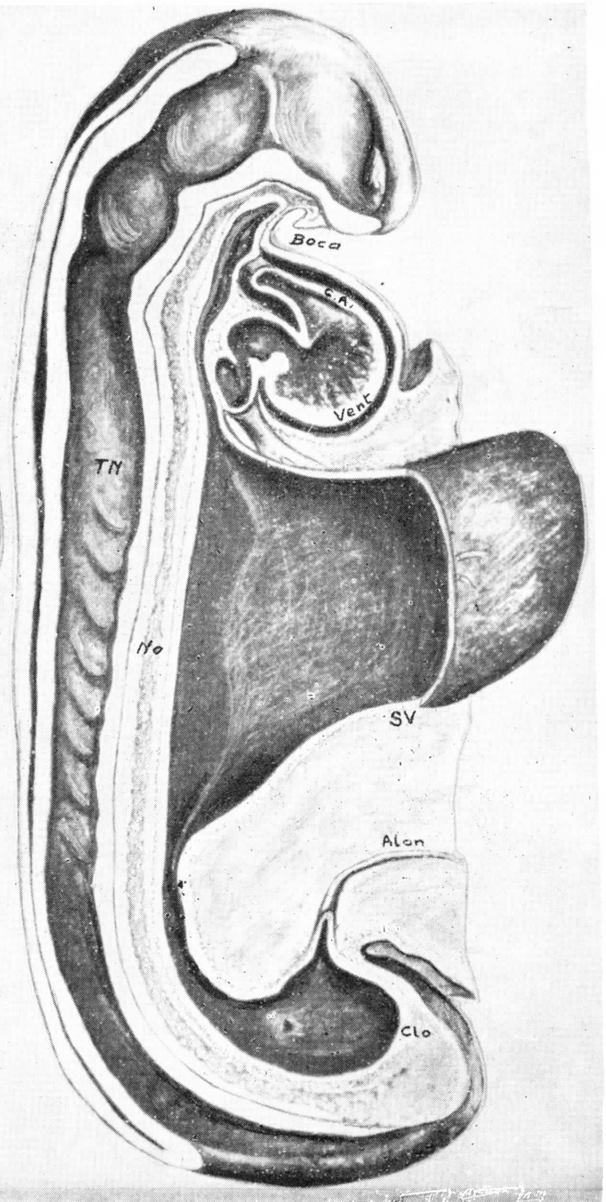


FIG. 47. — Panorama visceral.

FIG. 48. — Plano sagital.

LEYENDA COMÚN DE LAS FIGS. 45 a 51. — Acrosomita (Acro). Alantoides (Alan). Aorta (Ao). Boca (Boca). Somitas cervicales en número de ocho (C). Conducto arterioso (CA). Carótida (Caro). Celoma (Celo). Cloaca (Clo). Conducto de CUVIER (Cuv). Intestino (Intes). Conducto de MÜLLER (Mü). Nefros (Nefr). Notocorda (No). Seno hematopoyético (SenH). Seno venoso (SenV). Somita (Som). Saco vitelino (SV). Tubo nervioso (TN). Ventrículo del tubo cardiaco (Vent). Vena cardinal inferior (VCI). Vena cardinal superior (VCS). Vena umbilical (VI). Somitas cefálicos en número de cuatro (X).

sobre todo el epiblasto que la rodea, inducen ventralmente la formación del tubo digestivo, mientras que dorsalmente inducen el tubo nervioso.[6] La línea primitiva y el tejido adyacente, llamado hipoblasto (Hp) (fig. 21) para distinguirlo del epiblasto (Ep), inducen los órganos tróficos, como el alantoides, derivado del tubo digestivo; el tubo cardiaco, derivado del mesénquima, así como otros órganos derivados también del tubo digestivo más tardíamente.

El *epiblasto* y el *hipoblasto* son indistintamente Organizadores e Inductores. El primero organiza fundamentalmente el substrato finalista específico. El segundo lo hace sobre el substrato trófico. Epiblasto e hipoblasto no pueden definirse tan morfológicamente como las hojas blastodérmicas clásicas.

Entre las *hojas blastodérmicas,* unas alcanzan gran diferenciación, otras en cambio muestran diferenciación ligera; así: el *mesénquima o mesoblasto* es un retículo esponjoso de células de relleno; quizá sea el tejido menos diferenciable, por lo que se confunde a veces como emigraciones de epiblasto y de hipoblasto. El *endoblasto o endodermo,* así como el *ectoblasto o ectodermo,* son capas epiteliales limitantes y diferenciadas. No obstante, puede haber proliferaciones en alguna zona de estas capas, casi siempre donde se forman pliegues, notándose aquí desdibujamiento y confusión de límites. Dichas proliferaciones emigran, llegando a veces a ser difícil, por su aspecto en sí, el identificar si han procedido del ectodermo, del endodermo, si son condensaciones del mesénquima en cuyo espesor caminan y, más difícil aún, si en esa emigración puede existir epiblasto o hipoblasto organizador e inductor.[7]

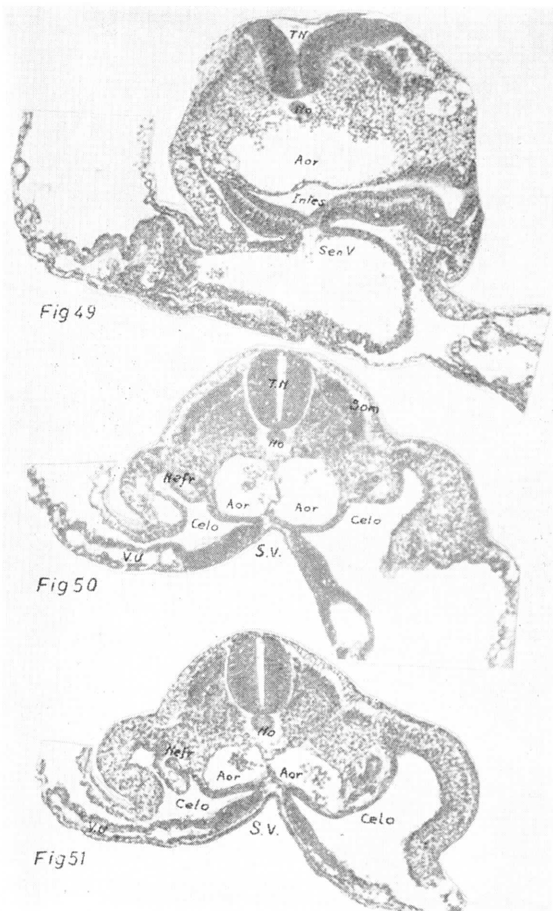


FIG. 49. — Corte transversal a nivel del seno venoso.
FIG. 50. — Corte transversal a nivel de la parte alta del saco vitelino.
FIG. 51. — Corte transversal a nivel de la parte baja del saco vitelino.

El tejido que prolifera crece y se organiza para desempeñar una función. Por ejemplo, el MESÉNQUIMA, al crecer, espesa su retículo y puede dar lugar a muchas formaciones, como son el *tejido sanguíneo,* el *tejido hematopoyético,* las *paredes vasculares...* También puede dar lugar al *esqueleto* e indirectamente se podría hablar de otras formaciones. Así se constituyen Sistemas como el *Sistema sanguíneo,* el *Sistema vascular,* el *Sistema esquelético...,* dispuesto cada uno por una misma clase de tejido para desempeñar una función básica. A veces, parte del tejido se conglomera e individualiza morfológica-

[6] Para introducirse en detalles sobre la influencia organizadora del *epiblasto* y *notocorda:* BAUTZMANN (1926, 1928, 1929 y 1933), WEISS (1939). Acerca de la misma influencia establecida en trasplantaciones, ver MANGOLD y SPEMANN (1927).

[7] Para introducirse en detalles sobre el significado de las condensaciones de tejido emigratorio como expresión de influencia organizadora del epiblasto o del hipoblasto, ver BRODMAN y col. (1941).

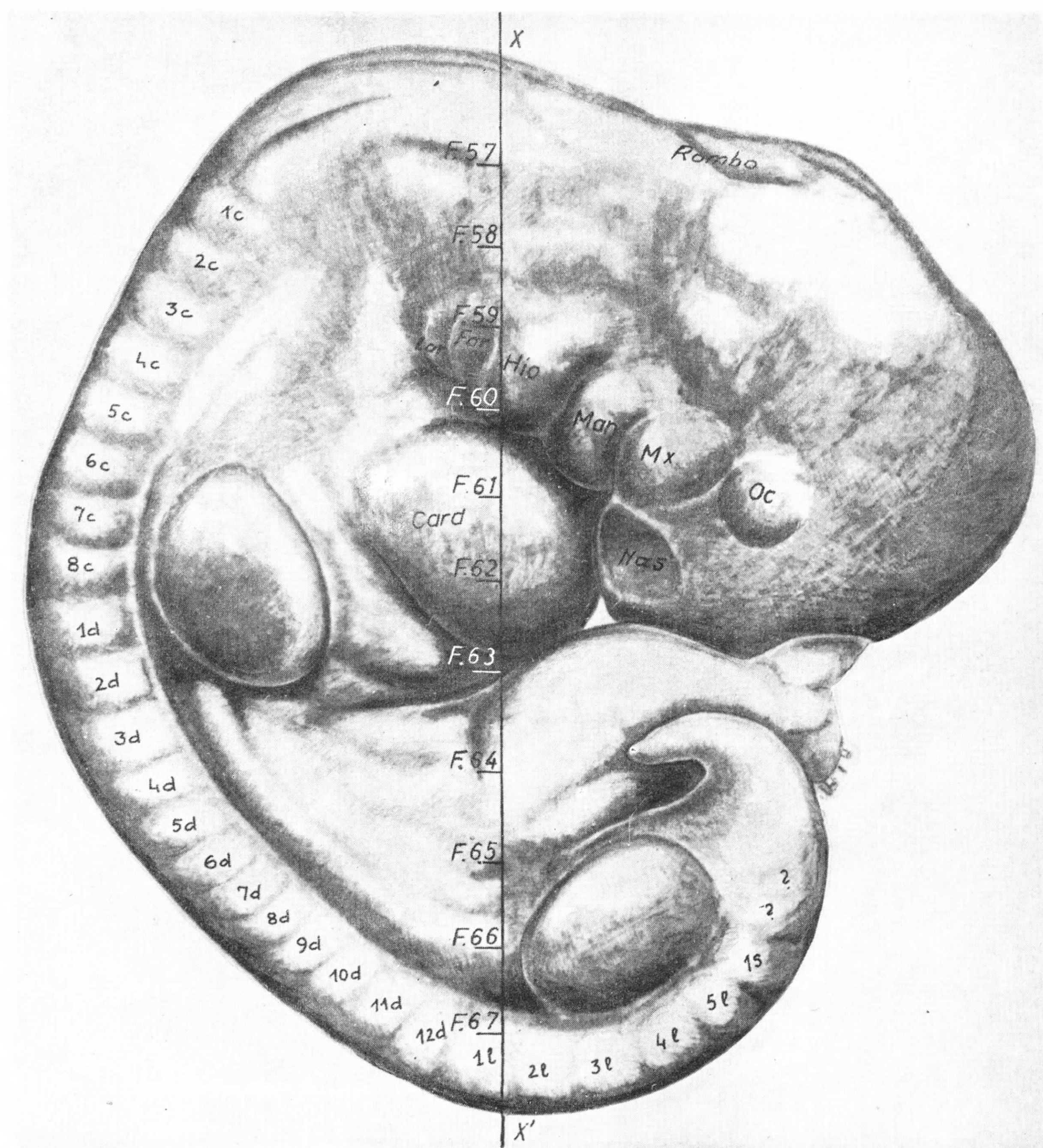


FIG. 52. — *Embrión humano de 6 mm* (tomado parcialmente del caso estudiado por BLECHSCHMIDT, 1961). Panorama cutáneo.

LEYENDA COMÚN DE LAS FIGS. 52 a 56. — Adenohipófisis (Ad). Glándula adrenal (Adr). Aorta (Aor). Arteria mesentérica (ArMes). Arteria vertebral (ArVer). Arteria umbilical (ArU). Bazo (Ba). Boca (Boca). Bronquio (Br). Somitas cervicales (C). Eminencia cardiaca (Card). Carótida (Caro). Celoma (Celo). Cloaca (Clo). Conducto de CUVIER (Cuv). Somitas dorsales (D). Diencéfalo (Di). Diafragma (Dia). Duodeno (Duo). Vesícula estato-acústica (Es-Ac). Esófago (Eso). Espinal (Esp). Estómago (Est). Faringe (F). Facial (Fa). Arco faríngeo (Far). Frénico (Fren). Ganglio gustativo (Gus). Hígado (Hig). Arco hioideo (Hio). Hipogloso (Hip). Arco esquelético mandibular (I). Arco esquelético hioideo (II). Intestino grue-

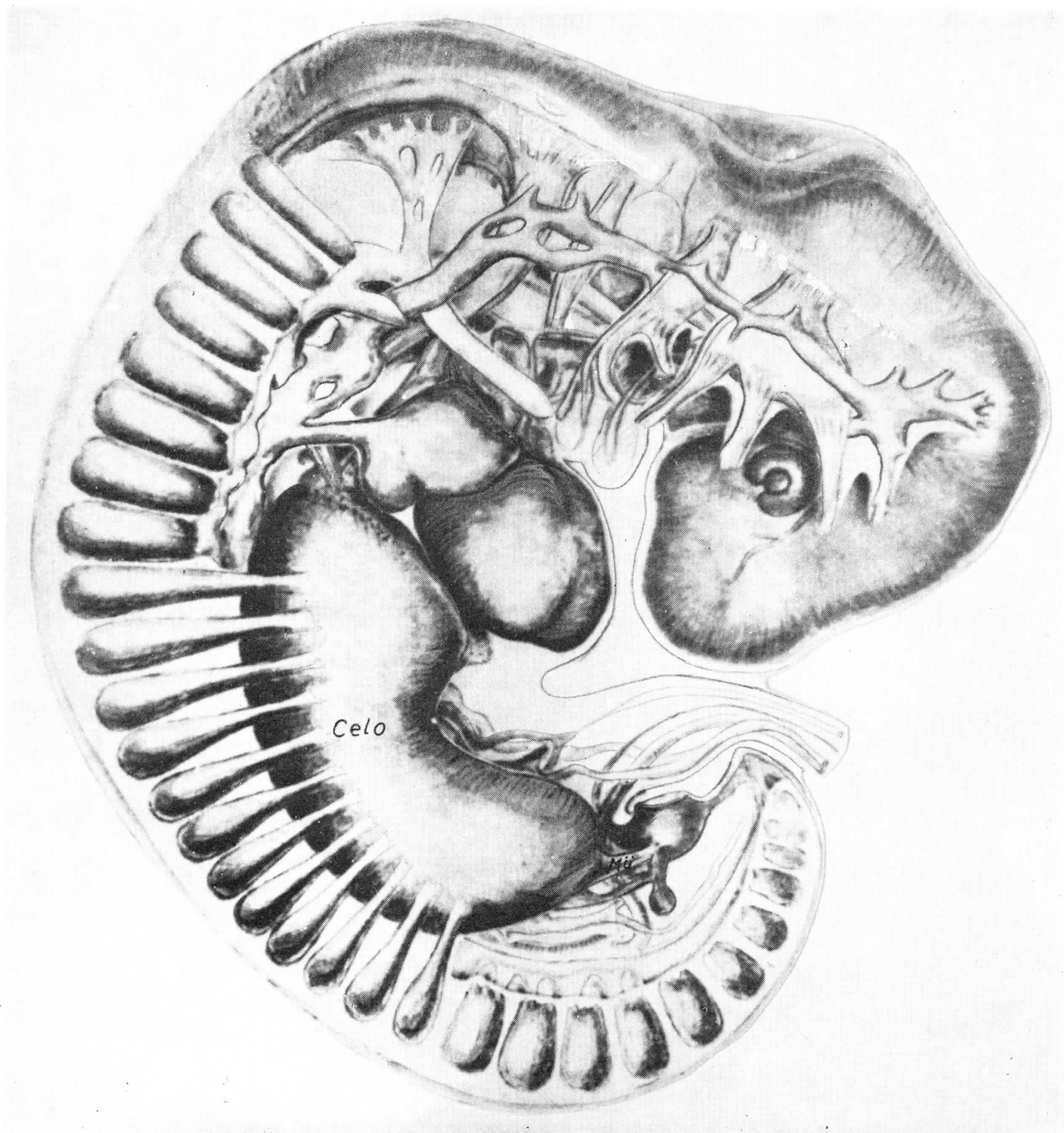


Fig. 53. — Panorama metamérico.

so (IntG). Somitas lumbares (L). Arco laríngeo (Lar). Lente o cristalino (Len). Arco mandibular (Man). Masticador (Mas). Mesencéfalo (Mes). Mesonefros (MesN). Conducto de Müller (Mü). Yema maxilar (Mx). Fosa nasal (NA). Nefros (Nefr). Notocorda (No). Eminencia ocular (Oc). Páncreas (Pan). Vena porta (Por). Romboencéfalo (Rombo). Somitas sacros (S). Saco vitelino (SV). Seno venoso (Sen V). Somitas (Som). Telencéfalo (Tel). Trigémino (Tri). Uraco (Ura). Uréter (Ure). Vena cava inferior (V). Conducto de Cuvier derecho (V'). Conducto de Cuvier izquierdo (V"). Ventrículo (Vent). Vena cardinal inferior (VCI). Vena cardinal superior (VCS). Vestíbulo pulmonar (Ves). Vena umbilical (VU). Vena umbilical derecha (VUD). Vena umbilical izquierda (VUI). Eje representado en la figura 52 para referir las alturas de los cortes transversales (XX').

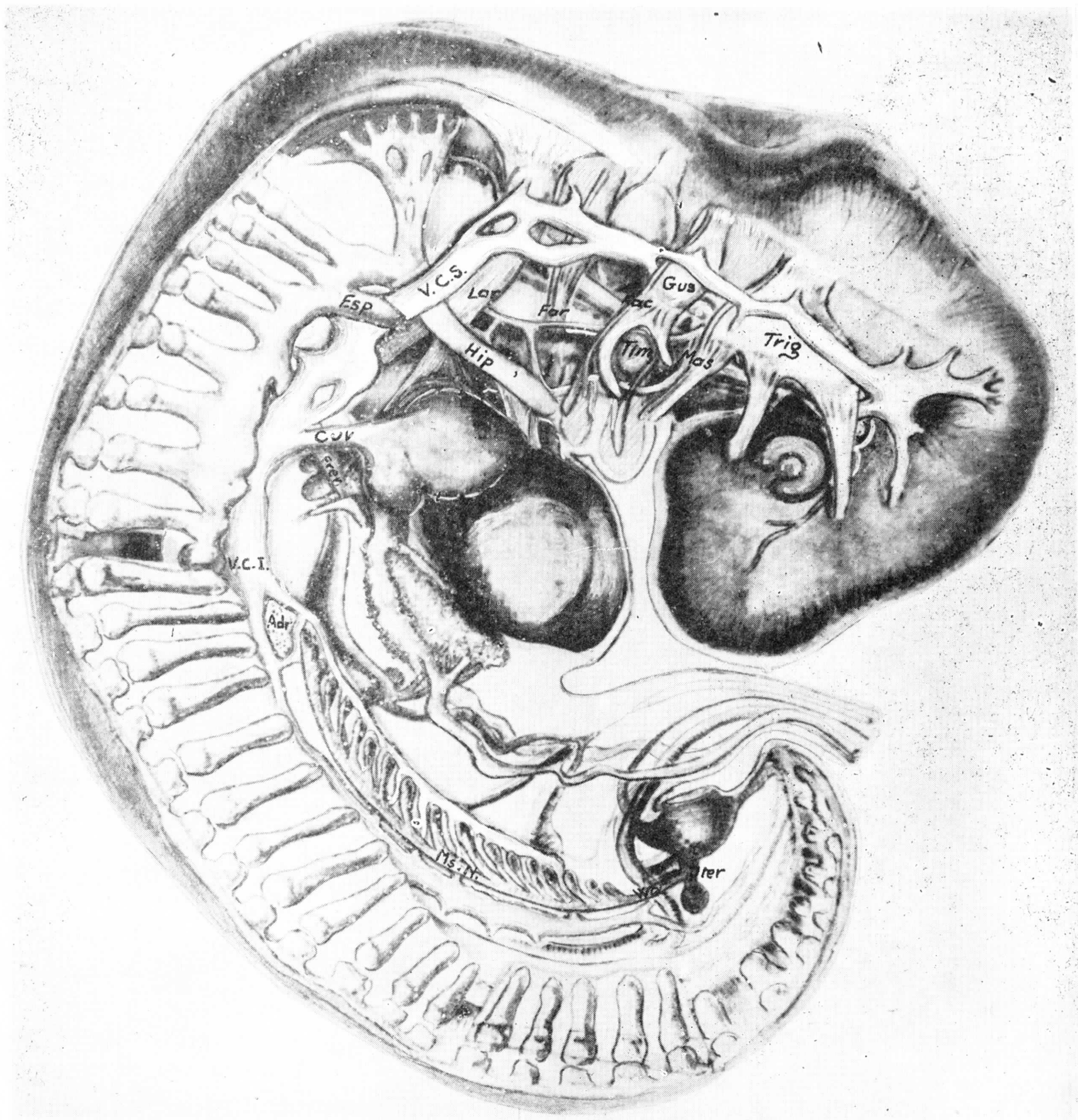


FIG. 54. — Panorama neural.

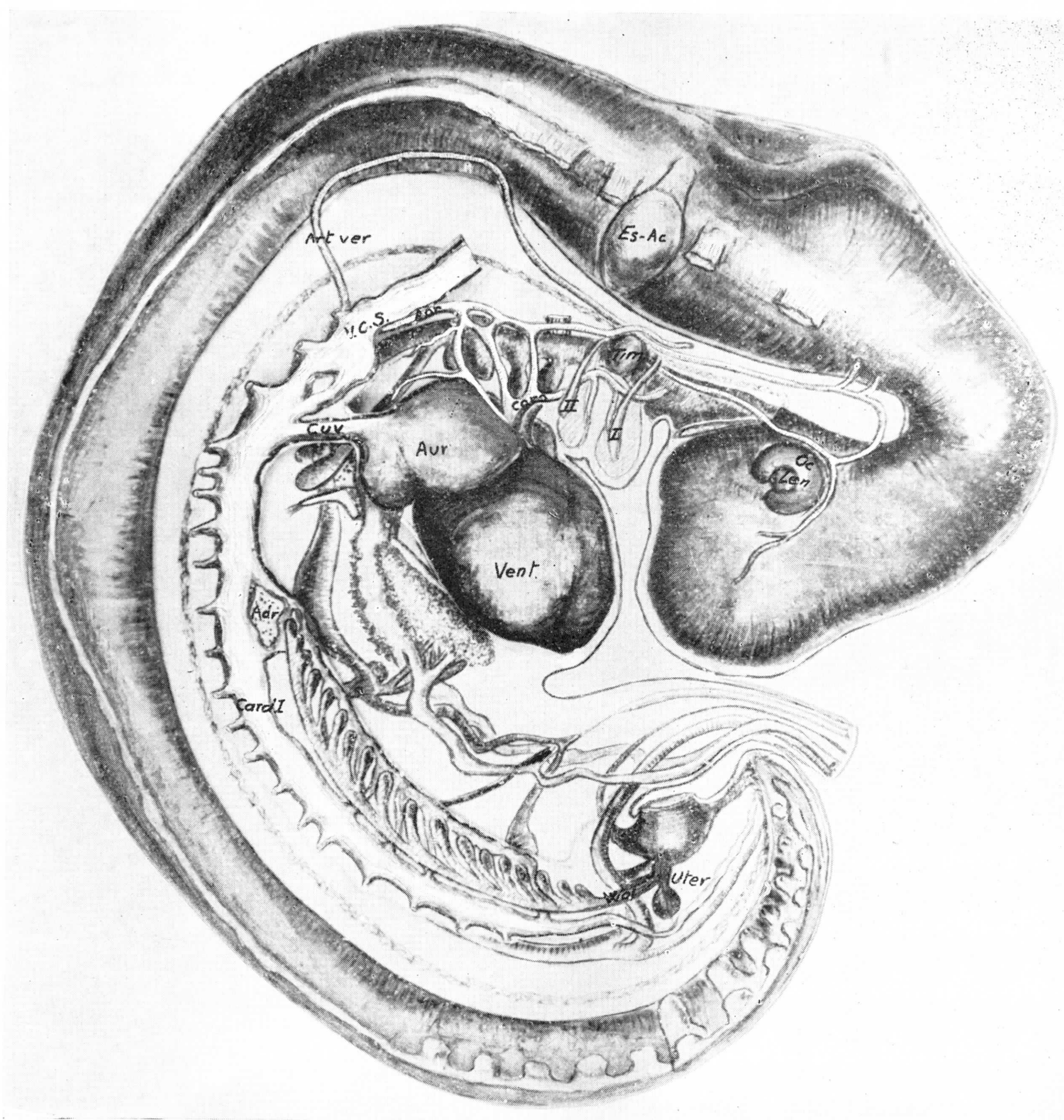


FIG. 55. — Panorama visceral.

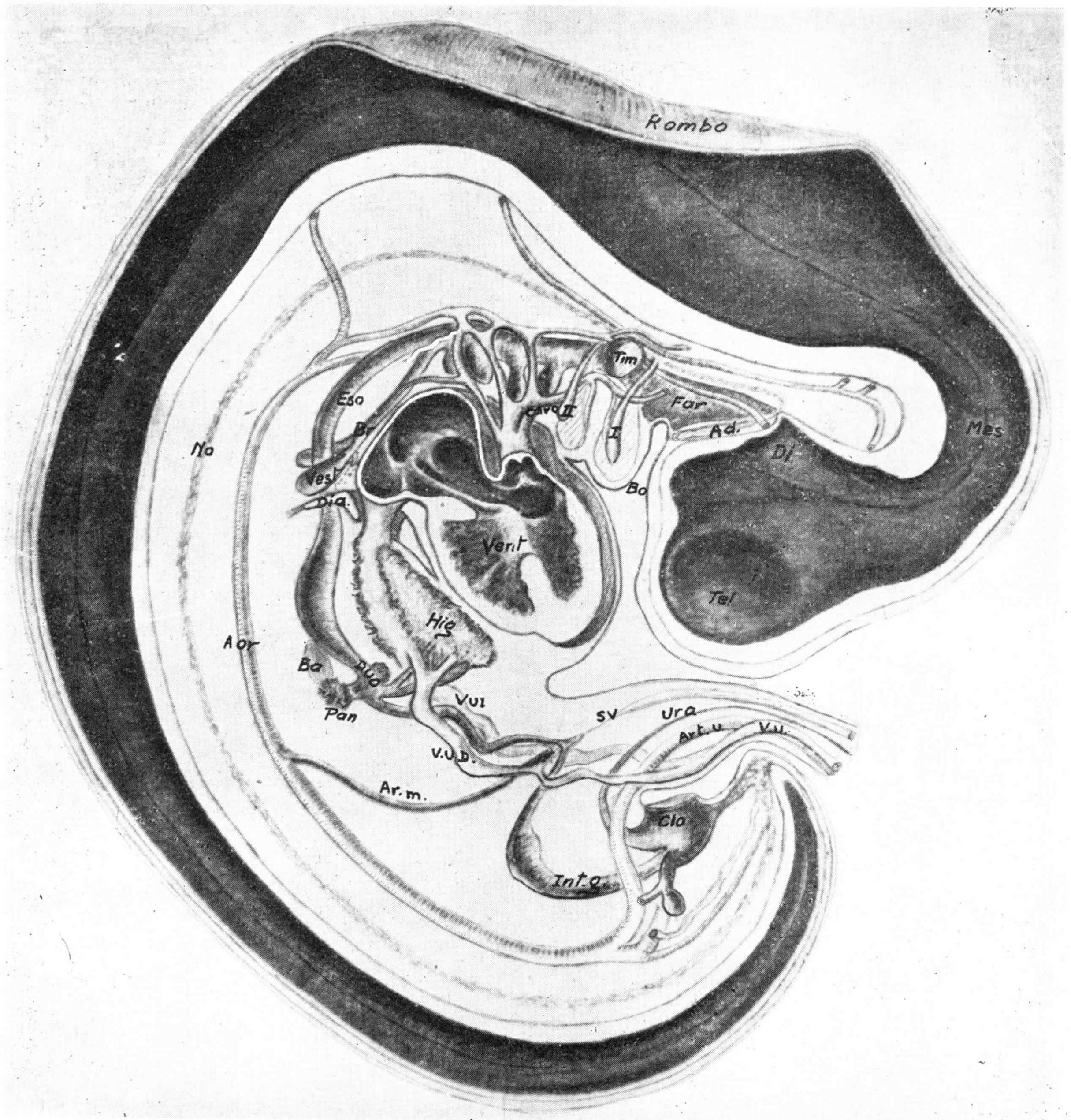


FIG. 56. — Plano sagital.

FIG. 57

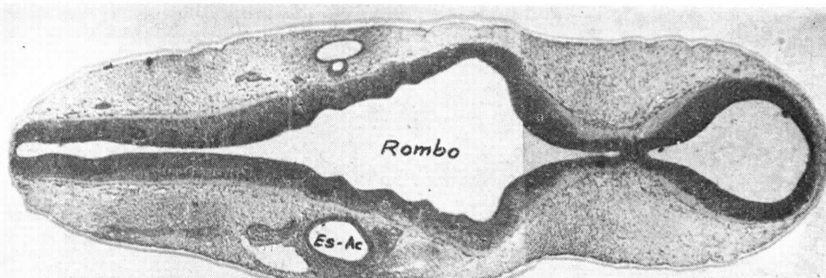


FIG. 58

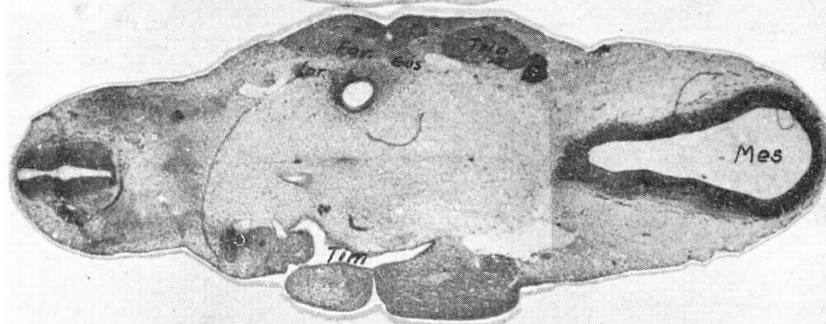


FIG. 59

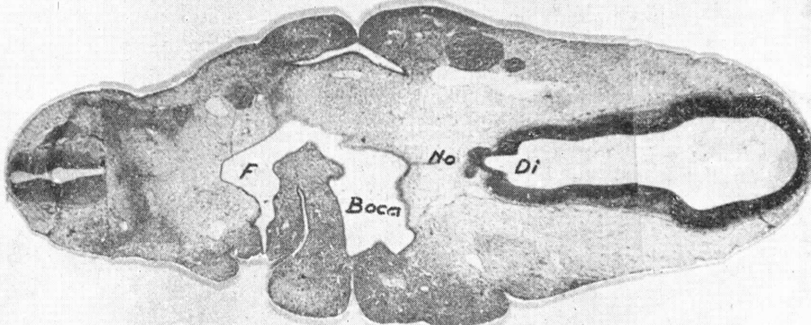


FIG. 60

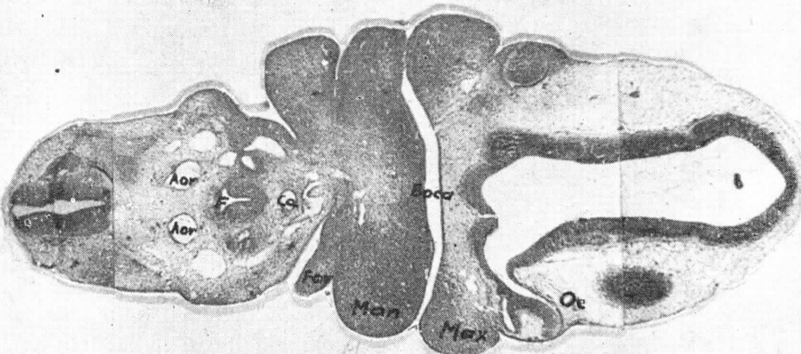
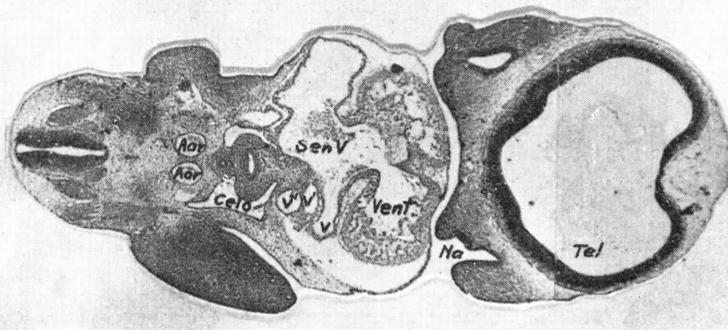


FIG. 61



FIGS. 57 a 67. — Cortes transversales al nivel que se indica gráficamente en el panorama cutáneo de la figura 52.

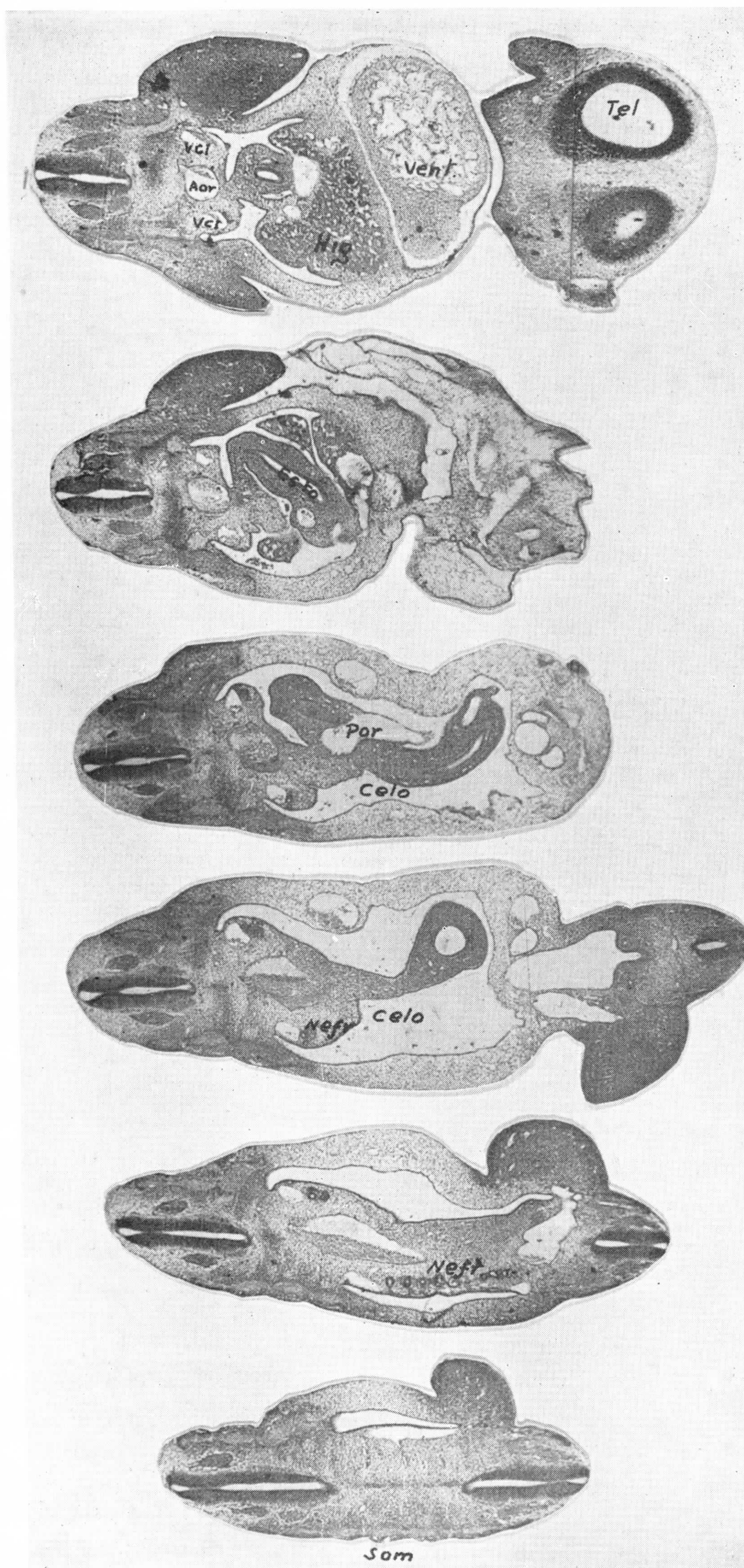


FIG. 62

FIG. 63

FIG. 64

FIG. 65

FIG. 66

FIG. 67

FIGS. 57 a 67. — Cortes transversales al nivel que se indica gráficamente en el panorama cutáneo de la figura 52.

LEYENDA COMÚN DE LAS FIGS. 68 a 75. Adenohipófisis (AHy). Glándula adrenal (Adr). Arteria mesentérica (Ar me). Arteria umbilical (Ar U). Arteria aorta (Aor). Azigos (Az). Bazo (Ba). Bronquios (Bro). Conducto arterioso (CA). Carótida (Caro). Ciego (Cie). Lámina cribosa (Cri). Costilla (Cost). Conducto de CUVIER derecho (CCD). Diencéfalo (Die). Duodeno (Duo). Esófago (Eso). Estómago (Esto). Faringe (Ef). Nervio facial (Fac). Nervio glosofaríngeo (Fr). Gónada (Gon). Ganglio gustativo (Gus). Hígado (Hi). Hipogloso (Hip). Esqueleto mandibular (I). Esqueleto arco hioideo (II). Intestino (Intes). Lámina basilar (Lam Ba). Mesencéfalo (Mes). Mesonefros (MsNef). Metanefros (MtNef). Neurohipófisis (NHY). Ombligo (Omb). Páncreas (Pan). Peñasco (Peña). Vena porta (Por). Pulmón (Pul). Agujero rasgado (Ras). Intestino recto (Rec). Rinencéfalo (Rin). Romboencéfalo (Rombo). Seno urogenital (Sen Ur). Tráquea (Tra). Telencéfalo (Tele). Tímpano (Tim). Timo (Timo). Trigémino (Trig). Tubo nervioso (TN). Uréter (Uter). Vena cava inferior (VCI). Vejiga (Veg). Ventrículo (Vent). Vértebra (Vert). Vena umbilical izquierda (VUI). Vena yugular (VY). Conducto de WOLFF (W).

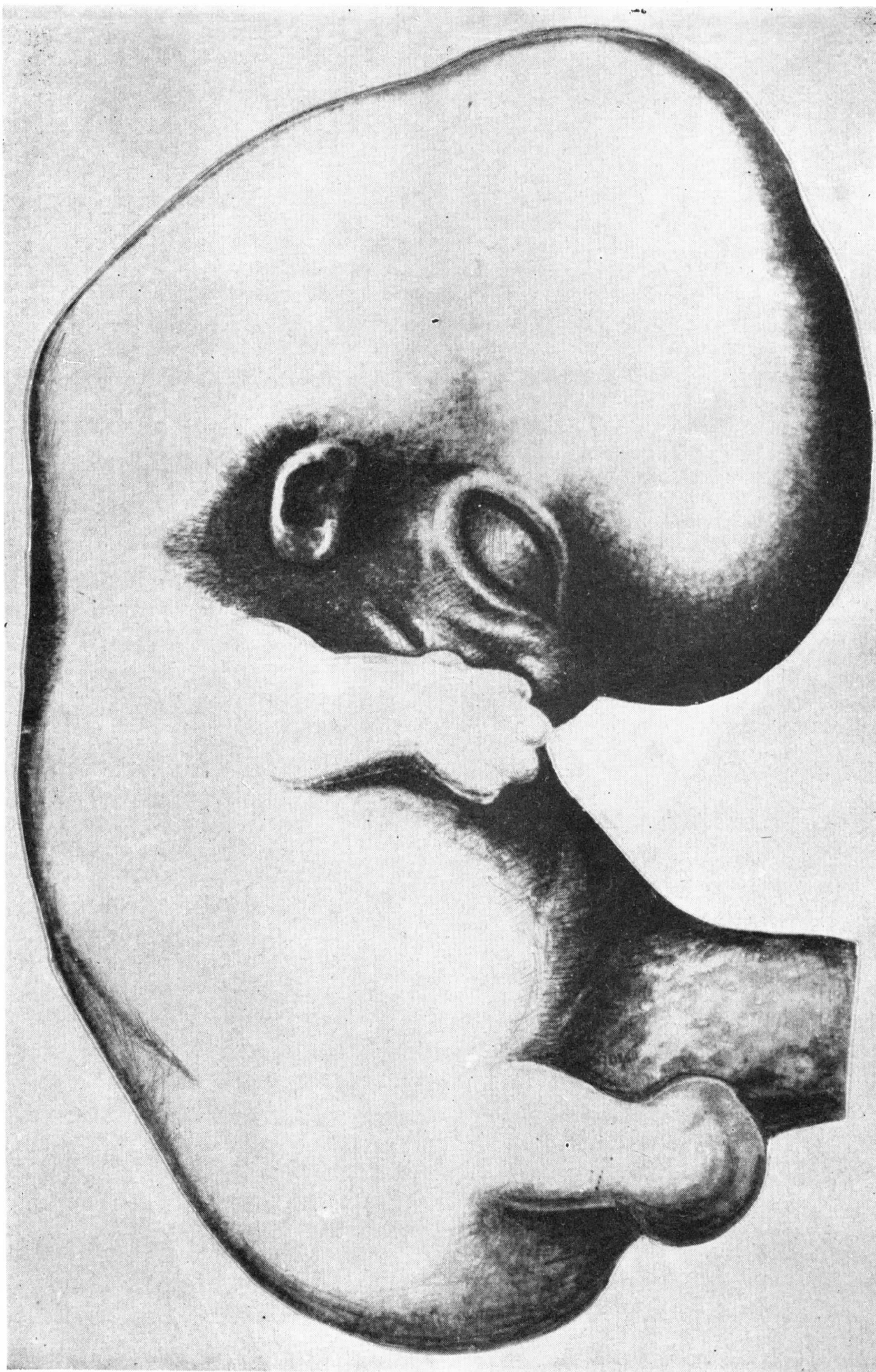


FIG. 68. — *Embrión humano de 17 mm* (deducido parcialmente del caso estudiado por BLECHSCHMIDT, 1961). Panorama cutáneo.

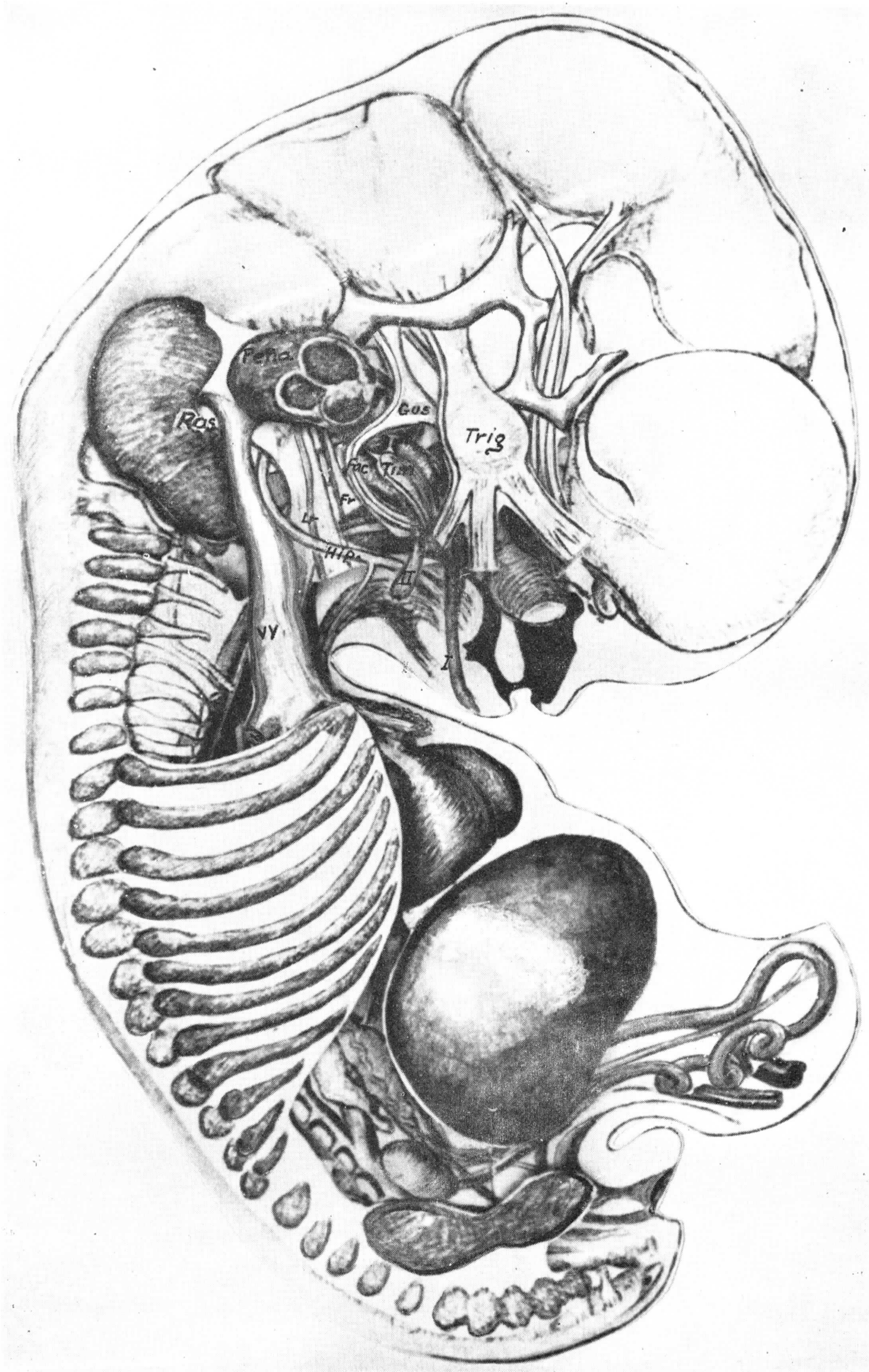


FIG. 69. — Panorama esquelético.

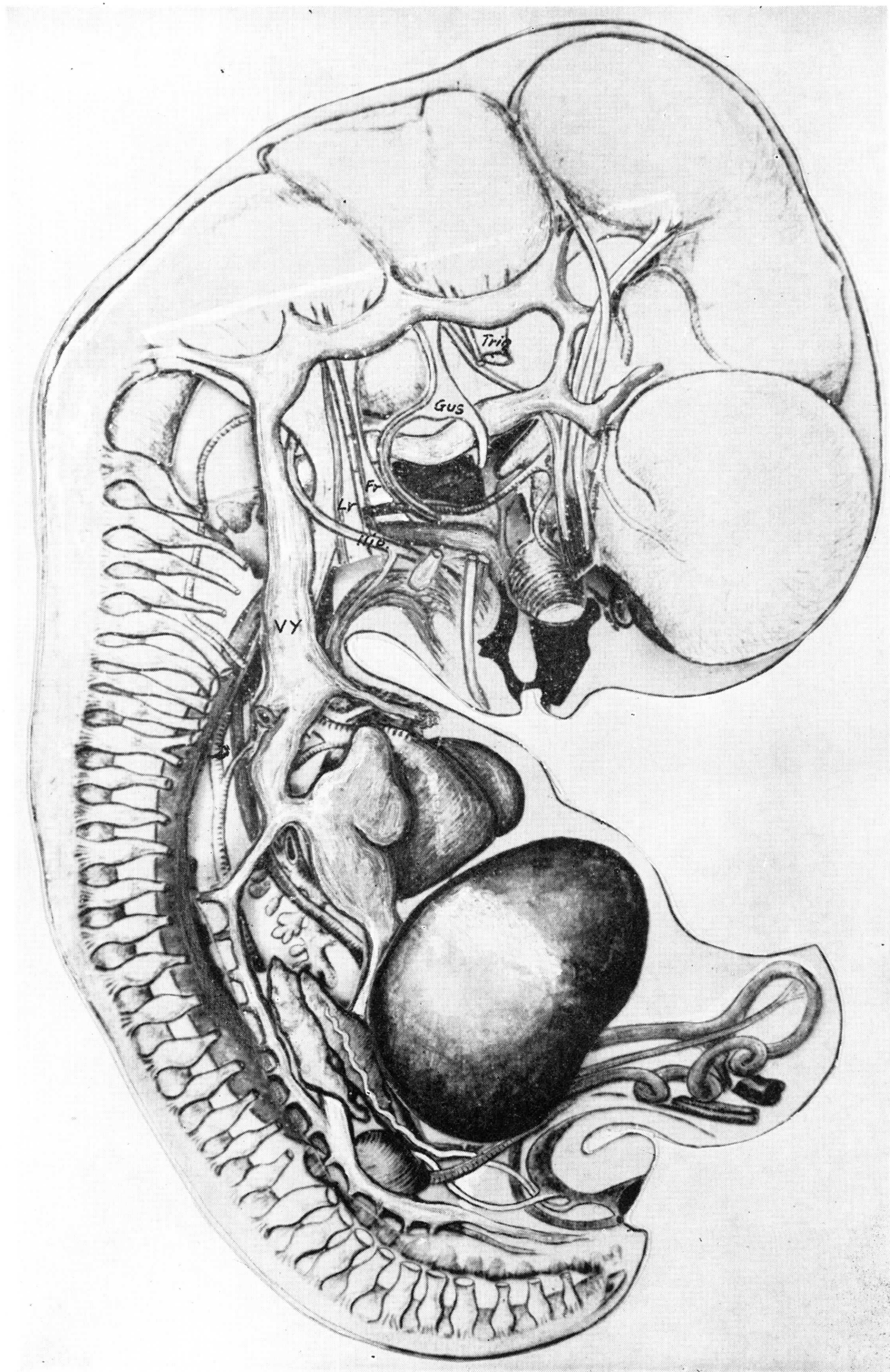


FIG. 70. — Panorama neural.

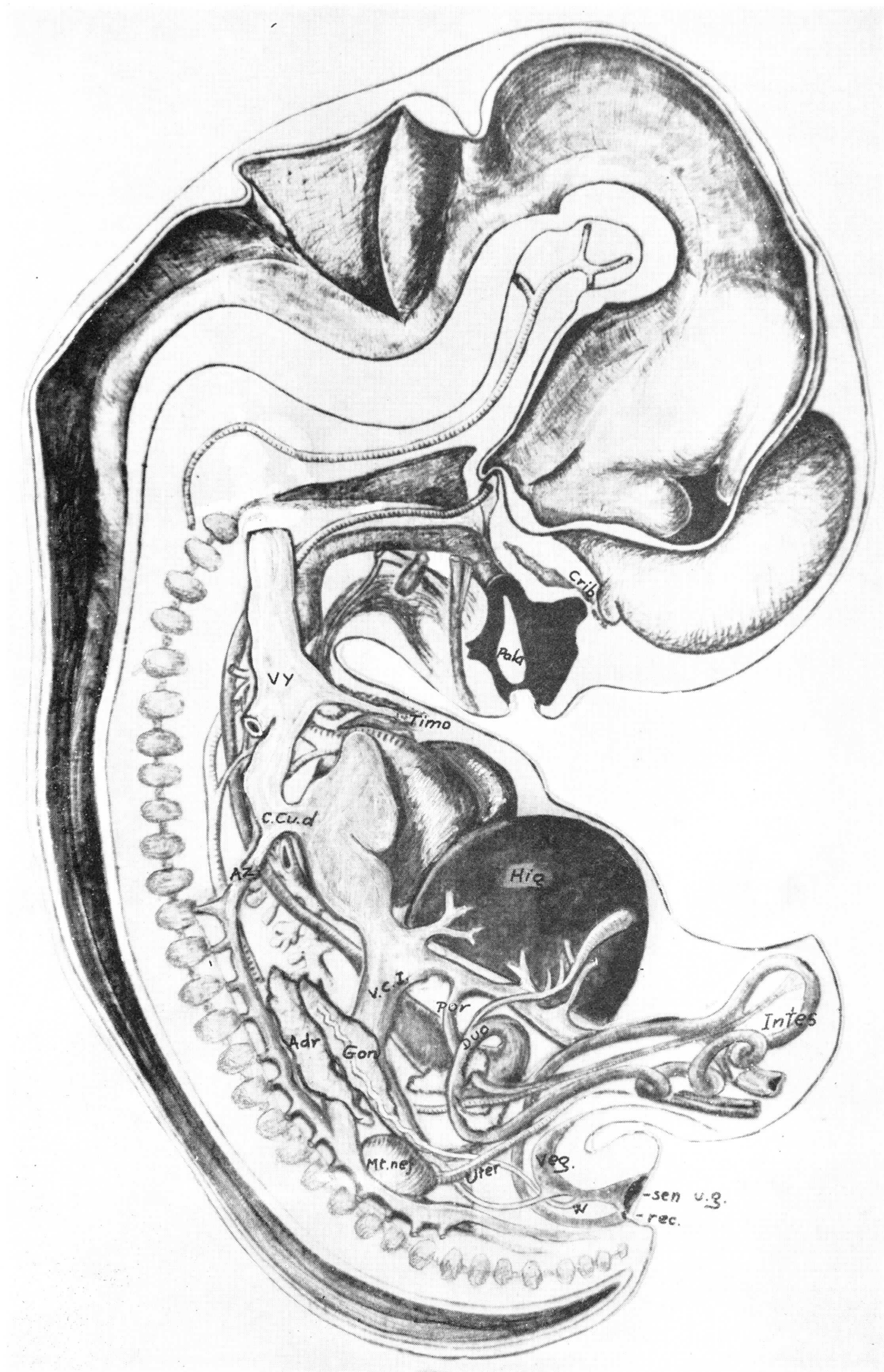


FIG. 71. — Panorama visceral.

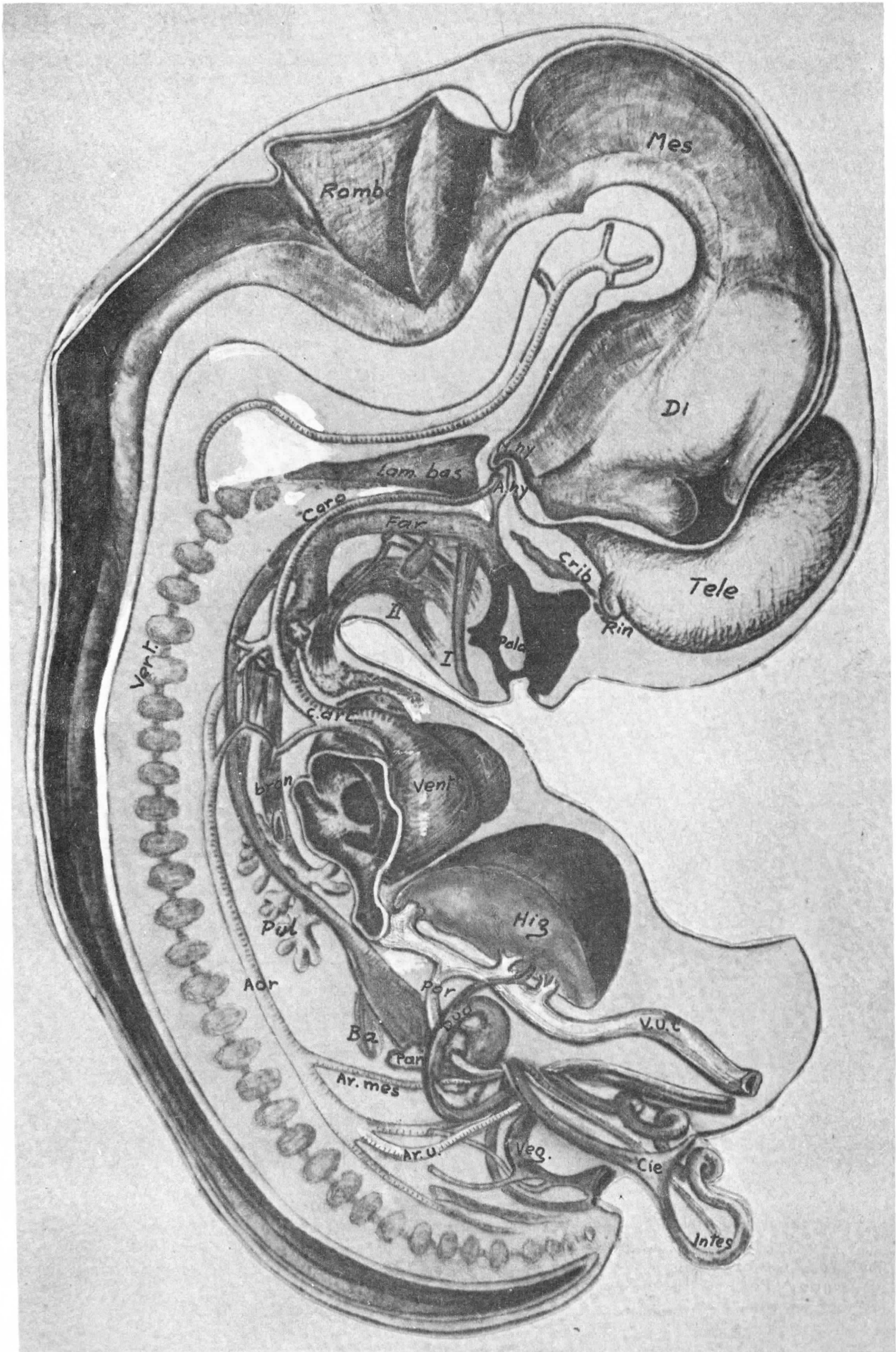


FIG. 72. — Plano sagital.

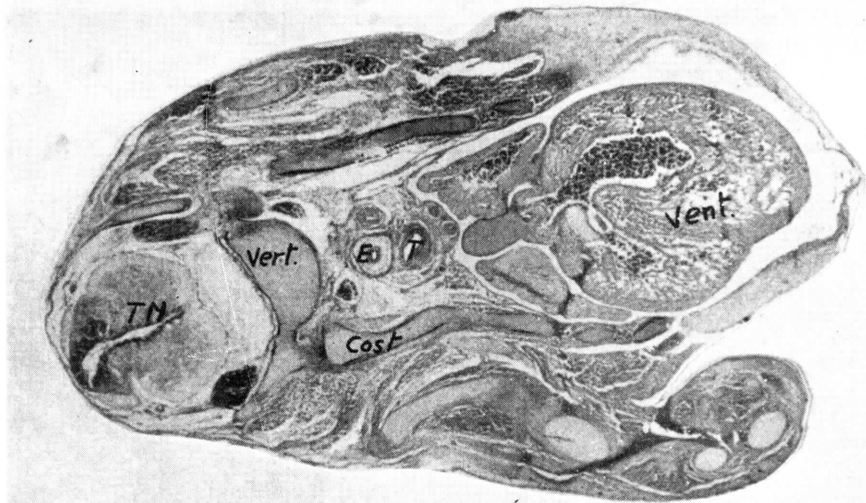


FIG. 73. — Corte transversal a nivel del corazón.

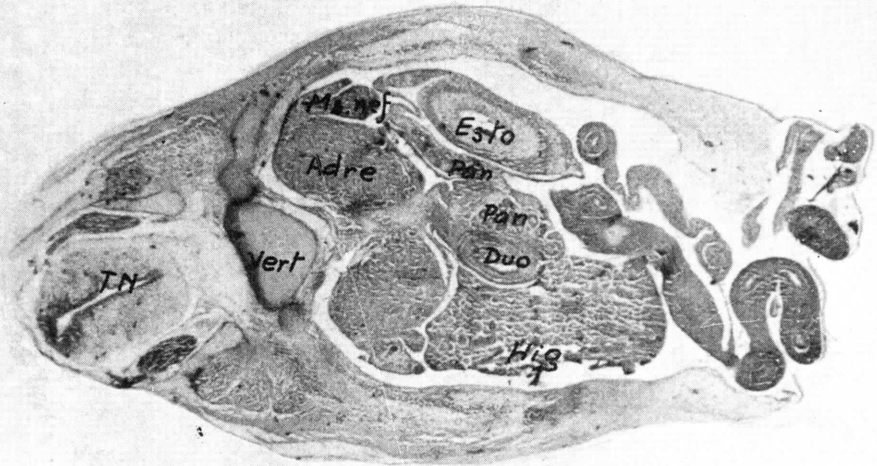


FIG. 74. — Corte transversal a nivel del estómago.

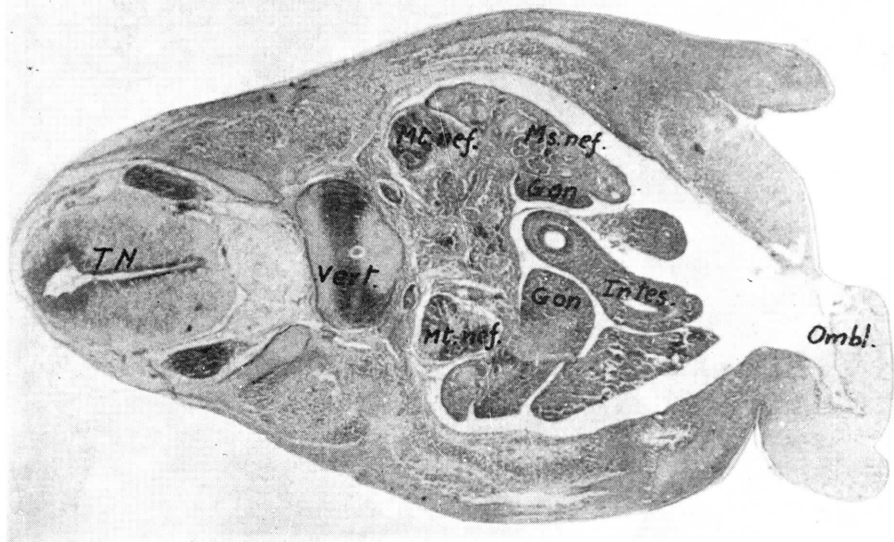


FIG. 75. — Corte transversal a nivel de los nefros.

mente adoptando una forma determinada llamada *Órgano*, capaz de contribuir a una función realizando un *acto* preciso de la misma. La reunión de diversos órganos, todos del mismo tejido, sigue constituyendo un *Sistema*, como hemos dicho, pero si cada órgano es de tejidos diferentes, constituyen un conjunto un tanto complejo llamado *Aparato*, capaz de una compleja función, como ocurre al Aparato locomotor. El Aparato consta, pues, de órganos, diferenciándose del Sistema en que, en éste, domina un solo tejido. Por último, debemos de distinguir el caso de que un mismo órgano esté constituido por tejidos diferentes sin ostensible dominio, dispuestos para integrar funciones nutritivas o reproductoras. Entonces esos órganos se llaman *vísceras*, formando siempre parte inseparable de *Aparatos viscerales*, como son el *Aparato digestivo, respiratorio, circulatorio, urinario* y *genital*.

Crecimiento y Organización pueden ser referidos gráficamente a un conjunto unitario. Existe una sencilla *relación de crecimiento* comparando la edad y el tamaño del embrión, expresado en altura. Notemos (figura 44) que la curva obtenida se hace tanto más ascendente cuanto más edad. Existe una *relación organizadora* si comparamos el *Horizonte* de los componentes de distintas fases embrionarias. Fue STREETER el que estableció el concepto en Horizontes embrionarios. A este propósito presentamos un embrión de 2 mm de longitud, casi recientemente diferenciado, que se encuentra alargado sin apenas inflexión (figs. 45 a 48). La primera muestra de crecimiento se expresa en una inflexión de la espalda que llega al máximo cuando alcanza la longitud de 6 mm, perdiéndose en consecuencia el eje longitudinal embrionario (figs. 52 a 56). Más adelante, el crecimiento es general y se borra la inflexión de la espalda, restableciéndose el enderezamiento; en consecuencia, vuelve a existir el eje longitudinal, como ocurre al embrión de 17 mm que presentamos (figs. 68 a 72). Estos tres embriones, representados en panoramas laterales de la superficie a la profundidad y complementado cada uno por secciones transversales a alturas críticas determinadas, deben de proporcionar referencia suficiente para estudio.[8]

El Crecimiento y su Organización paralela se van expresando en las tres direcciones del espacio. Para su apropiada observación y estudio se necesita una representación unitaria del substrato lo más fiel posible, reproduciéndolo de la realidad. Es lo que en Embriología y en Anatomía se denomina *Reconstrucción*. Una reconstrucción fiel tiene que ser tridimensional y por lo tanto *estereométrica*. BORN fue el creador del método de reconstrucción estereométrica, reproduciendo los cortes microtómicos de las series en que se secciona el embrión, en láminas de cera proporcionalmente aumentadas. Estas láminas son finalmente superpuestas. A veces resulta práctico disminuir todos los espacios posibles, suprimiendo de la representación una de las tres dimensiones y sustituyendo el efecto de la dimensión suprimida por el de una serie de panoramas gráficos, superpuestos en un mismo plano. Entonces la reconstrucción es *bidimensional* y recibe el nombre de *planimétrica*. Notemos que los tres embriones que se presentan en este capítulo están reconstruidos planimétricamente. La Reconstrucción es insustituible para sintetizar el substrato de la Organización. Su proceder escapa a las directrices de esta

---

[8] Todo Departamento Anatómico dedica cierta actividad a la Embriología, siendo posible, aun en las peores condiciones, ir preparando material embrionario de aves y mamíferos. Tampoco es difícil lograr circunstancialmente algunos embriones humanos procedentes de servicios clínicos hospitalarios. Un archivo embrionario ejemplar, cuyo material fue preparado y estudiado en gran cantidad, lo proporciona la «Fundación Carnegie», de Baltimore. En algunos de nuestros grabados nos referimos especialmente a estudios concretos realizados por determinados autores de la Fundación Carnegie. Aquí debemos de citar a ATWELL (1930) y PAYNE (1925) por no haberlo hecho aún, cuyos estudios mediante reconstrucción, lo mismo que los de otros autores ya citados, y sobre todo los de BLECHSCHMIDT (1961), en su Instituto de Göttingen, han permitido puntualizar datos en las reconstrucciones que presentamos. Merece considerar la reconstrucción de dos embriones humanos al plástico espumoso (RODRÍGUEZ, 1965).

obra, pero se puede encontrar en casi todos los tratados de Embriología.

MECÁNICA DEL DESARROLLO

El Desarrollo del ser expresa un mecanismo que obedece a una causa y se encamina a fines determinados. Las causas naturales pueden ser influenciadas experimentalmente. Por todo ello, la *mecánica del Desarrollo*, la *Embriología causal* y la *experimental*, son expresiones diferentes sirviendo a un mismo concepto.

Bases *cinemáticas* e *inducciones* en el Desarrollo pueden irse razonando, haciéndose aquéllas fácilmente ostensibles en las primeras fases, mientras que las últimas se manifiestan cuando se ha acumulado un cierto material en Desarrollo.

Cinemática

En el momento que el espermatozoide entra en el óvulo y al acercarse el centro de su vitelo germinativo, se forma una estela en el seno del protoplasma que sigue el trayecto de esta penetración. Al mismo tiempo, la mayor densidad del vitelo nutritivo hace que la gravedad actúe en la parte más densa, que cae en la zona de máximo declive arrastrando al vitelo germinativo ya fecundado. Así se intensifica la referida estela de penetración del espermatozoide, estableciéndose un eje de simetría que sirva de referencia al comienzo de la segmentación subsiguiente, que se realiza con suma rapidez, en relación inversa a la cantidad de vitelo nutritivo inerte que el proceso de segmentación tiene que abarcar. Por eso, se habla de una *taquigénesis* o de una *bradigénesis*, mientras se constituye la mórula. Como el vitelo nutritivo y formativo no suelen estar mezclados en íntima uniformidad sino que domina más vitelo de diferente tipo en cada polo del mismo huevo, de aquí que la mórula resultante sea *heteroblástica* prácticamente, y que en un polo dominen las pequeñas y numerosas células, y en el otro, las grandes y escasas. Por este mismo motivo, la diferencia de tamaño y número de las células en cada polo de la mórula, estará en relación con el grado de separación de vitelos, y donde el vitelo nutritivo domine en absoluto, como ocurre al huevo de gallina, la segmentación dejará de producirse.

El ahuecamiento interior de la mórula para pasar a blastocele y, por lo tanto, a blástula, es una etapa que se alcanza lógicamente. La morfología del blastocele depende del grado meroblástico de la mórula que lo ha precedido, lo que se ve claramente expresado en las diferentes especies (capítulo 3.º).

Inducción

Este proceso se expresa cuando la blástula va a constituir nuevos aspectos al pasar a la fase de gástrula y blastema, que es una organización primaria de diferentes capas de células con propiedades un tanto diferentes en consecuencia. Si llevamos las cosas al extremo (siguiendo el criterio de algunos autores), nos referiremos a la distribución topográfica de estas capacidades como en «mosaico», lo que es demostrable experimentalmente como hacía HOLTFRETER (1934), comprimiendo entre dos láminas el blastema, de tal forma que las células se extienden un tanto y no pueden influirse mutuamente, por lo cual se constituyen varios *centros de taquigénesis* fácilmente observables. Este razonamiento demuestra que en estado normal (lejos de dicha acción compresiva), las cosas no acontecen en un mosaico topográfico de capacidades, sino estableciendo una clara interrelación, expresándose en una *bradigénesis conjunta*, pero con potencia extraordinaria para constituir el centro organizador en el sitio más apropiado y, en todo caso, frente a todas las dificultades imaginables que circunstancialmente surgiesen. Entonces esta capacidad es llamada *potencia prospectiva* por ir más allá del límite imaginable. Dicha potencia hace recordar la intención finalista del primer momento vital que consideraba DRIESCH.

El centro organizador a que nos referimos es el *nudo epiblástico* de HENSEN en los mamíferos y el *blastoporo* en los restantes vertebrados que lo posean (ver capítulo 3.º). Aquí se empieza a expresar la inducción mediante substancias que se segregan.

Las *sustancias inductoras* son resistentes a los anestésicos; funcionan aún después de haber sido tratadas largo tiempo por soluciones alcohólicas; resisten la congelación y la desecación y pueden por tanto prepararse extractos, que incluidos en bloques de agar, despiertan su acción inductora cuando se pongan en contacto con un material embrionario apropiado. Los *inductores* en sí ejercen acción inespecífica, en tanto que pueden actuar trasplantados en otras especies. Como dice FAUTREZ (1967), «una línea primitiva de un ave o de un mamífero puede trasplantarse e inducir organización en un anfibio o en un pez». Los inductores se dan tanto en el reino animal como en el vegetal (menos marcadas en éste) y dentro de aquél, las acciones inductoras se dan preferentemente en los vertebrados.

La aplicación a la embriología de las *técnicas histoquímicas* ha dado nuevos datos en el mecanismo y naturaleza de la inducción. Así WOEDERMANN (1933) demuestra que los inductores son ricos en glucógeno, que ciertos tejidos lo contienen en gran cantidad, mientras inducen y que lo pierden a medida que desaparece la acción inductora.

Algo más tarde BRACHET (1950-59) demuestra que la inducción está relacionada con el contenido de ARN y que esta acción inductora se realiza en el *tejido inductor* con destino al tejido *reactor*, creando en éste un estado de estímulo celular activando sus complejos enzimáticos. Placas porosas con orificios menores al tamaño de aquellas moléculas, interpuestas entre inductor y reactor, impiden la inducción, manteniéndose ésta en los bordes de la placa (BRACHET, 1950). De esta manera la acción inductora puede ser detectada en atención a las propiedades químicas de cada tejido, tanto en su contenido en principios inmediatos como en relación con la obligada existencia de fermentos de síntesis (fosfatasas, succinodeshidrogenasa..., etc.), que su metabolismo precise en cada momento, como expresión de la actividad de una estructura en una fase determinada de su organización (RODRÍGUEZ, 1965, 1968; SANDOVAL, 1965, 1966; SARRAT, 1968).

Técnicas experimentales posibilitan el contacto de substancias inductoras en zonas determinadas de embriones en crecimiento. La inducción artificial resultante dista mucho de la ejercida normalmente. Entonces las sustancias activas son productos de reacción entre las inductoras naturales, que existen normalmente en el embrión en desarrollo, y las que han sido introducidas con artificio. No es otro el criterio de los actuales embriólogos después de larga experiencia a partir de MANGOLD (1928), HOLFRETER (1934), etc., etc. Así, denominaron *xeno-inductores* a las sustancias un tanto anormales, resultantes de esta inducción adulterada.

En el transcurso del desarrollo se van realizando inducciones sucesivas (como en cadena). Supongamos una inducción determinada, ejercida en un centro organizador. Este provoca reacción en el tejido circundante, lo que se expresará en un resultado organizador y en la creación de nuevas sustancias organizadoras, que a su vez ejerzan su acción específica en la organización e influyan en las primeras sustancias de inducción. Así, las mutuas y recíprocas influencias se multiplican extraordinariamente y se reintegran en inducciones secundarias constituyendo un *potencial morfogenético* considerable.

La *inducción primaria* está expresada en el núcleo epiblástico de HENSEN (propio de los mamíferos y comparable con el blastóporo de los restantes vertebrados). Cuando, después, el nudo de HENSEN (o los labios del blastóporo) crece dorsalmente, enriqueciendo el tejido epiblástico (en cuyo seno crece la notocorda, etc.) y, ventralmente, enriqueciendo al tejido hipoblástico difundido en el abundante mesénquima acumulado allí, entonces se manifiestan dos *tendencias inductoras:* la *organización ventral trófica,* propia para los órganos nutritivos, y la *organización dorsal-formativa,* también llamada finalista específica.

La organización trófica ofrece un substrato crucial con abundante mesénquima que irá proliferando periféricamente a lo largo del tubo endodérmico (digestivo y alantoides). En estas condiciones se establecen reacciones que reintegran nuevas inducciones, también llamadas *inducciones secundarias,* lo que hace que el mesénquima diferencie la sangre dentro de un sistema circulatorio primitivo, diferenciado a la vez. La proliferación del tejido mesenquimatoso hipoblástico llega también a contactar lateralmente con el epiblástico del dorso, lo que da lugar a *subsiguientes inducciones secundarias* en esta parte, de lo que resulta el primordium filtrador embrionario o nefros, en sucesivo desarrollo. Otras inducciones, por último, en el sustrato resultante, van estableciendo primordiums incretores en clara organización progresiva, etc., etc.[9]

[9] Para introducirse en *Mecánica del Desarrollo* se recomienda empezar por el FAUTREZ, J. (1967).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ÍNDICES DE CRECIMIENTO Y ORGANIZACIÓN. ORGANIZADORES E INDUCTORES. *Organización trófica. Organización finalista específica.* Epiblasto e hipoblasto. Hojas blastodérmicas. Tejidos y Sistemas. Órganos y Aparatos. Vísceras. Aparatos viscerales. Horizontes de organización, *tipo* STREETER. Reconstrucciones estereométricas, *tipo* BORN. Reconstrucciones planimétricas, *tipo* HIS. MECÁNICA DEL DESARROLLO. *Cinemática del Desarrollo.* Bradigénesis. Taquigénesis. *Inducción.* Reactor. Xeno-Inductores. Inducción primaria. Inducción secundaria.

CAPÍTULO 5

LA ORGANIZACIÓN TRÓFICA EN PRIMORDIUM. SISTEMA CIRCULATORIO PRIMITIVO. TUBO CARDIACO. CIRCUITO PLACENTARIO. HEMATOPOYESIS PRIMITIVA

El mesénquima que absorbe los productos nutritivos placentarios no es suficiente para mantener las necesidades embrionarias en su crecimiento, por eso se forma en su interior un riego primitivo que canaliza la corriente. Para ello el mesénquima crea *vasos y sangre* interior, influenciado por la coriogonadotropina segregada por las vellosidades coriales. Se trata de un mecanismo de neoformación de vasos, como ocurrió en el tejido materno; sin embargo, en el embrión la producción de vasos se realiza mucho más fácilmente, gracias a la capacidad del mesénquima en formar acúmulos por multiplicación celular, verdaderos *islotes nodulares* que pronto se diferenciarán exteriormente en una capa endotelial envolvente de células planas que forman la *cubierta vascular* y en un interior de elementos celulares redondos que sobrenadan en el líquido contenido y que con el tiempo quedarán libres, dando lugar a los *glóbulos rojos* y a los *glóbulos blancos* de la sangre. Dichos islotes se prolongan en forma de cordones, los cuales se proveen de la *envoltura endotelial* y se ahuecan interiormente formando *vasos,* para constituir un esbozo de SISTEMA CIRCULATORIO, siempre en el seno del mesénquima en donde se forman. Así aparece primero la *vena umbilical* (VU) (figura 76), la cual, a su vez, se ha constituido por la confluencia de capilares venosos procedentes de la diferenciación del mesénquima de las vellosidades placentarias.

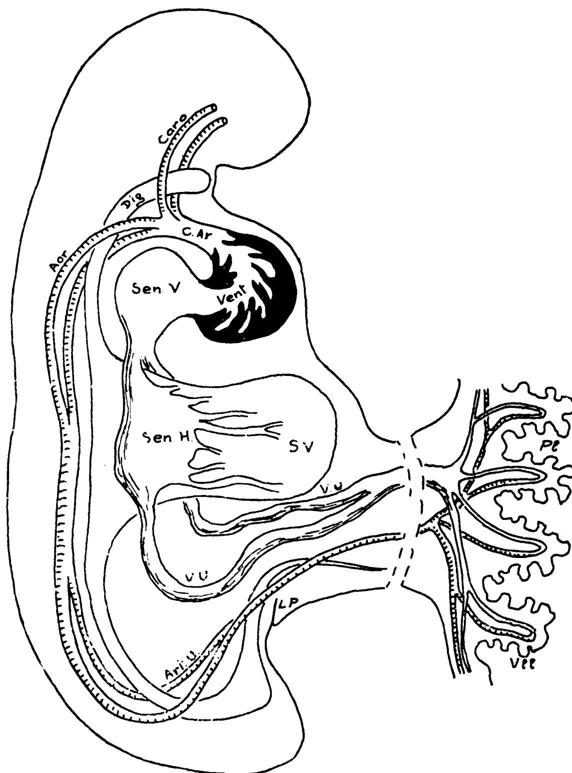


FIG. 76

La vena umbilical progresa a lo largo del cordón umbilical hasta penetrar en el cuerpo embrionario, donde se continuará con otras dependencias del aparato circulatorio,

formando siempre en el espesor del mesénquima, de cuyo tejido hay un gran acúmulo en el vientre del embrión. Así se constituye una nueva cavidad de mesénquima, muy amplia e irregular en su interior, porque aún quedan prolongaciones que sujetan nidos de células, capaces de formar elementos sanguíneos durante un cierto período. Esta capacidad de formación de elementos sanguíneos recibe el nombre de *hematopoyesis*. Por eso, la cavidad constituida recibe el nombre de *seno hematopoyético* (Sen H). Su lugar de implantación coincide con la zona donde se formará el *hígado* más adelante.

El seno hematopoyético se encuentra cabalgando sobre el saco vitelino (SV), prolongándose a ambos lados, obligando a que la vena umbilical se duplique en una derecha y otra izquierda. Además se continúa hacia arriba con nuevas dependencias cavitarias que forman el llamado *seno venoso* (SenV), donde la sangre llega y se acumula. El seno venoso se continúa con un tubo llamado *ventículo* (Vent) que tienen que doblarse y hacer hernia en el vientre embrionario. En el ventrículo la sangre que llega sigue una dirección siempre ascendente, pues el enorme acúmulo de bridas evaginadas en la pared interior del ventrículo no sólo ejerce absorción capilar de la sangre del seno, sino que, estando orientadas en sentido ascendente, se estiran cuando la dirección del líquido se realiza en este sentido; en cambio, se apelotona y atasca la corriente si ésta se fuese a realizar en sentido contrario.

Después del ventrículo se forma la red arterial, que distribuirá la sangre por todo el organismo. Comienza en el llamado *conducto arterioso*, el cual, al tropezar con el tubo digestivo (Dig), se divide en conductos que lo marginan por la derecha y por la izquierda. Estos, a su vez, se dividen en *carótidas* (Caro), que ascienden y nutren la cabeza; se dividen también en *aortas* (Aort), que reflejándose en forma de arco descienden y nutren el resto del cuerpo embrionario. Cuando las aortas llegan a la cola, se reflejan y salen por el ombligo, siempre influenciadas en su organización por la línea primitiva (LP). Así se convertirán en *arterias umbilicales* y continuarán su camino a cada lado del alantoides hasta llegar a la placenta (Pl), donde se dividirán profusamente en capilares que penetrarán en las vellosidades placentarias (Vll) y se conectarán con los capilares venosos de la vena umbilical ya existentes allí. Así queda cerrado el circuito vascular.

En este ESBOZO DE SISTEMA CIRCULATORIO hay que puntualizar lo siguiente:

1.° Se trata de un *circuito completo*, pues partiendo de la placenta sigue por la vena umbilical hasta el seno hematopoyético (futuro territorio hepático), ascendiendo entonces hasta el seno venoso y continuándose con el ventrículo, conducto arterioso, arterias aortas, arterias umbilicales, hasta que, por último, se cierra en la placenta.

2.° Aparte de este círculo completo, hay una *circulación derivada* hacia la cabeza, mediante las arterias carótidas, formándose así una rica nutrición, cuya sangre ha de volver por venas que deben formarse en seguida.

3.° La placenta no solamente es un órgano para nutrir el embrión mediante los lagos sanguíneos maternos, sino que recoge los elementos de desecho que vienen por las arterias umbilicales. En la placenta vemos que no hay transfusión de elementos celulares; sólo se intercambian los productos nutritivos capaces de absorberse por las vellosidades.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ORGANIZACIÓN TRÓFICA EN PRIMORDIUM. SISTEMA CIRCULATORIO PRIMITIVO. *Tubo cardiaco. Circuito vascular placentario.* Seno venoso. Ventrículo. Conducto arterioso. HEMATOPOYESIS PRIMITIVA. Arteria aorta primitiva. Arteria carótida primitiva. Islotes hematopoyéticos de WOLFF y PANDER. Venas umbilicales. Seno hematopoyético del primordium hepático.

CAPÍTULO 6

APARATO CIRCULATORIO EN DESARROLLO. CIRCUITO SOMÁTICO. SISTEMA EXCRETOR PRIMITIVO

El APARATO CIRCULATORIO que hasta este momento asignamos al embrión, formó circuito cerrado a nivel de la placenta, pero dejó el cuerpo embrionario sin retorno venoso. Por eso, tienen que formarse en seguida venas que vayan recogiendo la sangre acumulada en los tejidos, procedentes de las arterias, tanto de las aortas (Aor) (fig. 77) como de las carótidas (Caro). Este es el motivo para que se formen venas de retorno sanguíneo, desde la cabeza y desde la cola, constituyendo el sistema *cardinal.*

El sistema cardinal corresponde a las *venas cardinales superiores* (VCS), que recogen la sangre acumulada en la cabeza que aportó la carótida. Corresponde también a las *cardinales inferiores* (VCI), que recogen la sangre de la cola y del dorso del embrión que fue traída aquí por la aorta (Aor). Cardinales superiores y cardinales inferiores tienden a reunirse en un conducto común o *conducto de* CUVIER, que desemboca en el seno venoso del corazón (SenV). Existe un dispositivo análogo en cada lado del embrión; por lo tanto, hay cardinales superiores (VCS), inferiores (VCI) y conducto de CUVIER derecho (CCD), independiente de las cardinales superiores, inferiores y conducto de CUVIER izquierdo (CCI). Así se forma un nuevo *circuito vascular somático* propio del cuerpo embrionario, que coincide en parte con el primitivo circuito de la placenta.

El circuito vascular cerrado en la placenta y el circuito vascular propio del cuerpo embrionario funcionan con sangre de distinta calidad. Ambas sangres forman una mezcla de calidad intermedia cuando se reúnen en el seno venoso, pues la sangre venosa placentaria es pura, mientras que la sangre venosa cardinal es impura al acarrear elementos de desecho del soma embrionario.

Establecido el riego embrionario completo mediante dos circuitos confluentes, se requiere que el corazón lata, esto es, que se contraiga para que pueda impulsar y absorber la sangre en cada latido. A este fin, el ventrículo (Vent) engruesa sus paredes mesenquimatosas y se convierten en tejido muscular, adquiriendo capacidad contráctil. Así, durante la contracción o sístole la sangre es impulsada al conducto arterioso (C.ar). Durante la relajación o *diástole,* la sangre es absorbida desde el seno venoso (SenV). Las bridas del interior ventricular (Vent), siempre orientadas en el sentido de la corriente, disponen la dirección en un solo sentido. La contracción de la musculatura ventricular se consigue mediante un estímulo que recibe su pared, procedente de la descarga del *potencial bioeléctrico* acumulado en las paredes del seno venoso. A este propósito, el seno venoso muestra células cúbicas impregnadas de *acetilcolina* (Acol), substancia capaz de establecer en el interior celular un potencial bioeléctrico en relación con el medio iónico del plasma sanguíneo de la cavi-

dad del seno venoso. Esto se asemeja a un fenómeno eléctrico, pues ofrece fundamentos análogos. El potencial se va acumulando en las células de la pared del seno hasta que rebasen su nivel de capacidad; entonces se descarga, como ocurre a un condensador eléctrico cuya carga haya sobrepasado ese límite.

La descarga es masiva y se transmite a lo largo de las paredes del corazón hasta el ventrículo, al que estimula para que se contraiga. Mientras tanto, las células del seno se habían quedado prácticamente descargadas y vuelven a acumular potencial hasta que se rebase nuevamente el nivel de su capacidad, por cuyo motivo se origina una segunda descarga. Así sigue el proceso, estableciendo un ritmo de descargas y por lo tanto de contracciones ventriculares, que se traducen en sístoles sucesivos separados por diástoles alternativamente, con lo cual se establece eficazmente el impulso de la sangre y por lo tanto la circulación.

Impulsada, pues, la sangre desde el ventrículo a las arterias, se acumula aquí una gran presión. Por ello las paredes arteriales son gruesas, para lo cual el mesénquima se ha tenido que condensar intensamente a su alrededor. Por el contrario, las venas acumulan la sangre con escasa presión; a veces la presión es negativa, a causa de la absorción cardíaca en el momento del diástole; por eso, las paredes venosas se mantienen siempre delgadas.

Se tiene que intercalar ahora un sistema de eliminación de productos de desecho en el mismo cuerpo embrionario, pues la placenta no es suficiente para depurar la sangre. Así se constituye el llamado SISTEMA NEFRAL PRIMITIVO. Este sistema NEFRAL se forma en el espesor del llamado *mesodermo intermedio* o *cordón nefrógeno* (fig. 77 bis, punteado grueso). Obsérvese cómo en esta fase el mesénquima indiferenciado se conglomera dorsalmente, dando lugar a los somitas (mesodermo somático o paraxial); ventralmente abraza la cavidad celómica (Cel) desdoblándose en una hoja visceral (mesodermo esplácnico) y una parietal (mesodermo somático); quedando en situación

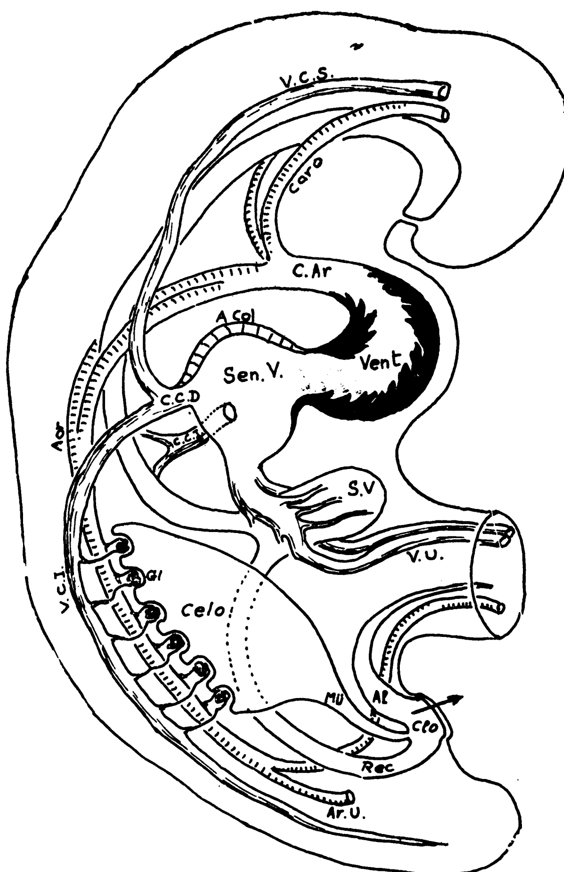


FIG. 77

intermedia (punteado grueso) el llamado mesodermo intermedio o cordón nefrógeno, ya citado, a expensas del cual se van originando sucesivamente, en sentido céfalo-caudal, los distintos nefros. Este sistema muestra en primer lugar los llamados *glomérulos*, capaces de filtrar y eliminar de la sangre productos de desecho. Los glomérulos (Gl) se disponen seriadamente a lo largo, como una cadena de botones, a cada lado de la aorta (Aor). Cada glomérulo es un pelotón de vasos que procede de la aorta y que deriva a la cardinal inferior (VCI). El producto de desecho eliminado a través de los glomérulos se va acumulando en el seno del mesénquima que lo rodea; así, la acumulación motiva una cavidad mesenquimatosa, la *cavidad celómica* (Celo). Existen dos cavidades celómicas, una para cada lado, y por lo tanto para cada una de las dos hileras longitudinales de glomérulos. La cavidad celómica consti-

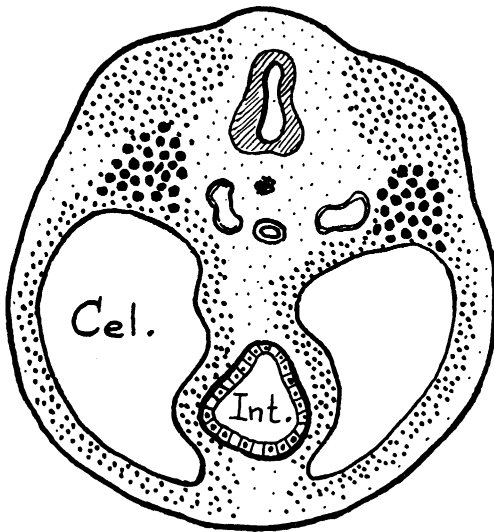


FIG. 77 bis. — Corte transversal (esquema) de un embrión al final del 1.er mes de desarrollo, donde se destaca en punteado grueso el *mesodermo intermedio* o *cordón nefrógeno.*

tuye de una membrana limitante por condensación del mesénquima y crece por cada lado, comprimiendo y ocultando al tubo digestivo situado en la línea media. El crecimiento celómico se extiende hacia abajo mediante el llamado *tubo de* MÜLLER (Mü), que se une y desemboca en la parte más caudal del tubo digestivo (Rec). Así, esta parte del tubo digestivo, el alantoides (Al) y el tubo de MÜLLER (Mü) integran una cavidad común llamada *cloaca* (Clo), la cual se abre al exterior mediante el ano que más tarde se forma por perforación (flecha). Así, los productos de desecho llegarán, a través del *ano* recién formado, a la cavidad amniótica, destinada a estos fines desde un principio.

El sistema nefral así constituido recibe el nombre de *pronefros*, por ser el primero de todos y tener un fundamento parecido al riñón del adulto que se ha de originar mucho más tarde. El pronefros consta pues de *glomérulos*, derivados entre la aorta y la cardinal, que filtran y eliminan productos de desecho; tiene también las *cavidades celómicas*, que recogen los productos de desecho y los conducen por los *conductos de* MÜLLER.

Esta concepción del pronefros, un tanto esquemática, se apoya en la Filogenia, ya que es en animales inferiores donde tiene su máxima expresión. En el hombre lo consideramos como una formación vestigial que dura escasos días y que no llega a completar su formación ni su funcionamiento, pero que tiene para nosotros un valor didáctico al razonar la sucesiva aparición de los nefros.

Por último, está la cloaca o encrucijada que reúne varios conductos y que desembocan mediante el *ano* en la cavidad amniótica. La cloaca es pronto sustituida por otras formaciones a lo largo del desarrollo.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

APARATO CIRCULATORIO EN DESARROLLO. *Circuito vascular somático. Sistema nefral primitivo.* Venas cardinales. Conducto de CUVIER. Glomérulo. Cavidad celómica. Conducto del pronefros. Conducto de MÜLLER. Cloaca primitiva. *Pronefros.*

CAPÍTULO 7

APARATO EXCRETOR EN DESARROLLO. PRONEFROS, MESONEFROS Y METANEFROS. CONDUCTOS DE DRENAJE. CLOACA EN DESARROLLO

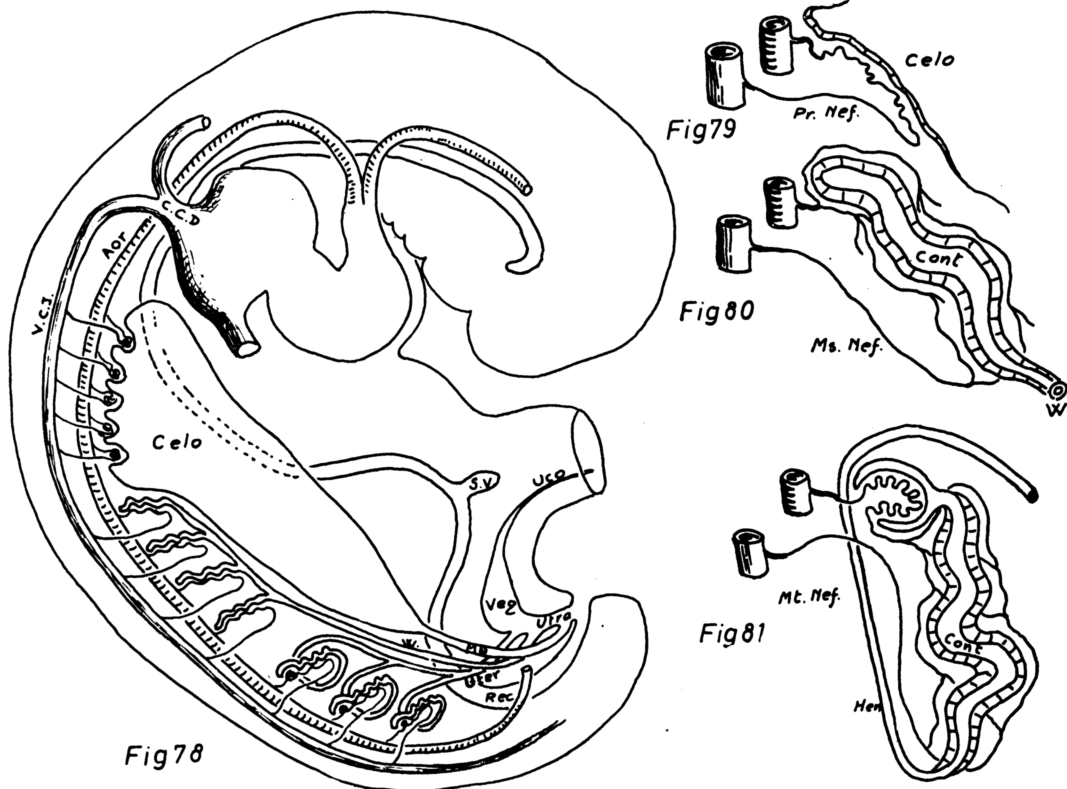
El *pronefros,* ya conocido, se hace pronto insuficiente para subvenir la necesidad eliminatoria de substancias de desecho, pues sólo actúa sobre algunos productos de degradación de aminoácidos. A este propósito debe de recordarse aquí que los *aminoácidos* circulan por la sangre como componentes fundamentales de las *proteínas,* las cuales integran esencialmente el armazón de nuestro organismo. Por eso, el aminoácido y sus combinaciones tiene que existir en la circulación, y cuando alguno de estos aminoácidos se degrada (por perder su grupo ácido), queda el grupo amínico, que suele ser nocivo y debe de ser eliminado, cosa que esquemáticamente ya es atribuible entonces al pronefros, cuyos glomérulos filtrantes son ya conocidos.

Además de proteínas y aminoácidos, circula en la sangre el *azúcar,* empleado como combustible para que la energía desprendida como *reacción exotérmica* durante su *combustión* pueda ser empleada por el organismo en momentos determinados, que surgen cuando se necesita realizar reacciones de *síntesis* de aminoácidos para formar proteínas cada vez más complejas, contribuyendo así al crecimiento del organismo. Dicha energía es necesaria, pues, en las reacciones de síntesis, porque toda síntesis se realiza endotérmicamente. Considerado pues el principal motivo de la necesidad de *azúcar en la sangre* o *glucemia,* hay que tener presente además que su existencia debe guardar un nivel relativamente constante, pues las variaciones extremas de esta glucemia pueden provocar graves trastornos. El nivel de azúcar en sangre debe por tanto ser regulado. Los NEFROS contribuyen a esta regulación (aunque no es el factor más importante), para lo cual eliminan el exceso manifiesto de azúcar sanguíneo. Estas necesidades nutritivas, que se van imponiendo en el organismo en desarrollo, determinan necesidades paralelas de eliminaciones cada vez mayores que no puede subvenir el pronefros (PrNef) (fig. 78). Por eso se forma el mesonefros.

El *mesonefros* (MsNef) tiene una parte vascular que consiste en una red capilar más complicada que el glomérulo del pronefros, también derivada entre la aorta (Aor) y la cardinal inferior (VCI). Esta red va a eliminar las substancias de desecho, no al seno del mesénquima y por lo tanto a la cavidad celómica (Celo), como ocurriría con el pronefros, sino a prolongaciones de tejido epiblástico que rodean la red vascular mesonefral.[10] Es-

---

[10] La disposición seriada a ambos lados de la aorta de las redes vasculares nefrales en desarrollo y sus relaciones con el tejido epiblástico, fueron precisadas por FELIX (1910). Este trabajo sigue ofreciendo hoy día sólidos fundamentos de estudio a pesar del tiempo transcurrido.



tas prolongaciones epiblásticas pronto forman cavidades. Las redes capilares y las cavidades epiblásticas indicadas se disponen para ejercer la función eliminatoria de las substancias que perturban el organismo, substancias nocivas, bien por su simple presencia o bien por su excesiva concentración en la sangre. A este fin, las cavidades epiblásticas se disponen tubularmente rodeadas de la red vascular. Dichos tubos, siempre de aspecto contorneado, se unen a otros análogos y constituyen juntos el llamado *tubo de* WOLFF (W) (figs. 78 y 80), que, paralelo al *tubo de* MÜLLER (Mü) del pronefros, va a desembocar conjuntamente a la cloaca. Así se forma, pues, el mesonefros, que funciona hasta que las necesidades eliminadoras del organismo se hacen más exigentes.

La nutrición del organismo requiere que, en el medio circulante, además de las substancias proteínicas y azucaradas referidas, exista un medio electrolítico capaz de favorecer el intercambio; de aquí la existencia en el plasma sanguíneo de sales y otros cuerpos de pequeña molécula que se ionizan más o menos intensamente y que contribuyen a conseguir una regulación *osmótica* apropiada y una regulación del *equilibrio acidobásico,* así como de otros muchos procesos más que tienen un fundamento biofisicoquímico. La regulación de estos electrolitos o medio salino del plasma, se va a realizar, en parte, gracias al poder eliminador de los nefros, siempre que éstos se encuentren en las condiciones fisicoquímicas necesarias. A este fin se constituye el llamado metanefros (MtNef) o riñón definitivo que ha de perdurar en el adulto, ejerciendo permanentemente su función global eliminadora y reguladora del nivel de las substancias indicadas, así como de muchas otras más que aquí no procede mencionar.

El *metanefros* se debe formar, pues, a expensas de una red vascular, también derivada entre la aorta y la cardinal y parecida a la del mesonefros. El tejido epiblástico tam-

bién es el encargado de formar el *tubo contorneado* (Cont), cuyas células son capaces de seleccionar los mismos productos de eliminación que en el caso del mesonefros. Estas células de los tubos contorneados (figura 81), además, serán capaces de afinar la regulación del equilibrio de electrolitos y de otros productos, si a lo largo de este tubo contorneado pasa un torrente líquido, consiguiendo así que las células del tubo contorneado queden siempre bañadas de líquido por sus dos polos opuestos, tanto por su polo sanguíneo o basal como por el polo que mira a la luz del tubo, llamado apical. Así resulta como una membrana que separa dos medios líquidos de diferente concentración y, por lo tanto, en condiciones físicas óptimas para realizar su capacidad selectiva de productos. El medio líquido que circula por la luz del tubo es proporcionado por un glomérulo previo, filtrante simple del plasma sanguíneo de los vasos metanefrales.

El glomérulo metanefral está rodeado de una cápsula, en cuya luz se vierte la filtración que se conduce al tubo contorneado. La filtración es puramente física, propia de membranas que permiten paso de moléculas salinas y, en general, de pequeño tamaño, así como del disolvente acuoso, no permitiendo el paso de moléculas grandes, como son proteínas circulantes, y mucho menos a elementos formes, como son los glóbulos rojos y los glóbulos blancos de la sangre. Este torrente de líquido filtrante del glomérulo, una vez que pasa a lo largo del tubo contorneado (capacitando así su función al máximo), es absorbido después y reincorporado a la sangre a nivel de la vena cardinal. Esta reabsorción ocurre hacia el tramo distal del mismo tubo y el *asa de* HENLE (Hen) (fig. 81), que existe a continuación del tubo contorneado. Así se constituye la llamada *nefrona*, que consta: 1.°, de un *glomérulo filtrante*, formándose aquí un torrente acuoso con moléculas de pequeño tamaño que han podido ser filtradas; 2.°, del llamado *tubo contorneado*, que lleva el peso de la función eliminadora, selectiva y reguladora de productos sanguíneos, y 3.°, del *asa de* HENLE, que reabsorbe parte de la masa acuosa final en exceso.

Por acúmulo de muchas nefronas se constituye el metanefros. Las nefronas son inducidas para su formación merced a una *derivación* del *tubo de* WOLFF, que en forma de yema avanza hacia ella. Así las nefronas, en número suficiente, se conectarían con este tubo inductor y verterían en él los productos de desecho, que es una orina de cierto parecido a la del adulto. El tubo inductor, en consecuencia, se convierte en un tubo conductor de la orina, llamado *uréter* (Uter). Mientras tanto, el alantoides se ha dilatado extraordinariamente y se ha apoderado de la desembocadura del uréter, formando la llamada *vejiga de la orina* (Vej) (fig. 78). Al mismo tiempo el alantoides se oblitera a nivel del cordón umbilical formando un cordón macizo llamado *uraco* (Uco).

Por último, debe de puntualizarse el tubo de WOLFF (W) y el de MÜLLER (Mü), que se reúnen en su desembocadura formando una especie de espolón que avanza dividiendo la *cloaca* en dos compartimientos: uno posterior, donde desemboca la parte final del tubo digestivo, que es el *intestino recto* (Re), y otro anterior, que es la *uretra* (Utra), donde desemboca la vejiga de la orina, independientemente de los conductos de WOLFF y de MÜLLER, que entonces dejan de segregar dicho producto y que, por tanto, serán destinados a otros fines.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

APARATO EXCRETOR EN DESARROLLO. *Pronefros. Mesonefros. Metanefros. Nefrona.* Glomérulo. Túbulo. Asa de HENLE. Uréter. *Cloaca.* Ano. Seno urogenital. Recto. Uretra. Vejiga de la orina. Uraco. Conducto de WOLFF.

CAPÍTULO 8

SISTEMA INCRETOR PRIMITIVO. TEJIDOS CROMAFÍN Y LIPOCROMO. GLÁNDULA ADRENAL

Cuando el metanefros (MtNef) (fig. 82) empieza a funcionar, ya se ha atrofiado el pronefros y empieza a degenerar el mesonefros (MsNef). En el lugar donde estaban los glomérulos pronefrales se va a formar una glándula que recibe el nombre de *glándula adrenal* porque como veremos más adelante será capaz de segregar adrenalina. También se le conoce con el nombre de *glándulas suprarrenales* porque en su posición definitiva quedarán colocadas encima de cada uno de los metanefros o riñones del adulto.

Estas glándulas de gran importancia funcional —como se verá cuando las estudiemos en el adulto— pasan por una serie de fases en su desarrollo embrionario. Tanto es esto así que dos años después del nacimiento todavía tienen características propias de la vida fetal, y su aspecto definitivo sólo lo alcanzan después de la pubertad.

Las suprarrenales comienzan a formarse alrededor de la 5.ª semana de vida embrionaria en virtud de una serie de emigraciones celulares que se producen dentro del cuerpo del nuevo ser. Una primera oleada de células proviene de la pared de la cavidad celómica (Celo) que estaba próxima al pronefros y por consiguiente cefálicamente con respecto al mesonefros. Esta primera emigración se dirige hacia atrás quedando incrustada en el mesénquima vecino, constituyendo la llamada *corteza fetal* que es de características tintoriales acidófilas. Poco después otra emigración de células de menor tamaño, procedentes del mismo sitio, van a rodear a la corteza fetal o acidófila constituyendo la *corteza definitiva* o basófila.

Hemos hablado de corteza suprarrenal; esto quiere decir que estas glándulas tienen otro componente que tiende a conglutinarse en el interior de la corteza recibiendo por tanto el nombre de *médula adrenal o suprarrenal,* cuyo desarrollo embrionario es como sigue: Casi en el mismo período de tiempo en que tuvieron lugar las emigraciones que formaron la corteza, otras emigraciones celulares, pero esta vez procedentes del tubo nervioso y por tanto de origen ectodérmico, se acercan a la corteza y poco a poco van introduciéndose en su interior hasta quedar completamente englobadas por ella. De esta manera se constituye la glándula adrenal que es muy voluminosa en el embrión. Hay que advertir que las células de la médula, aunque de origen nervioso, se transforman en células glandulares con apetencia para teñirse por las sales de cromo, por lo que se les llama también *tejido cromafín.*

De lo dicho hasta ahora nos llama la atención algunos detalles:

1.º Que la glándula suprarrenal está constituida por dos formaciones de origen diverso, mesodérmico y ectodérmico. 2.º Que siendo de distinta naturaleza y procediendo a su vez de lugares diversos (pared celómica y tubo nervioso) queden tan perfecta-

mente imbricadas. 3.º Que son órganos cuyo tamaño y peso relativos —en relación con el tamaño y el peso corporal— son mayores en el embrión, feto y recién nacido que en adulto. Su tamaño y peso relativo en el momento del nacimiento es 20 veces mayor que en el adulto.

Este tercer punto se explica porque lo que es corteza fetal irá degenerando a partir del nacimiento y sólo quedará de ella una pequeña porción que en el adulto es lo que se llama capa reticular de la corteza. Lo que hemos llamado corteza definitiva o basófila dará lugar a las llamadas capas fascicular y glomerular de la corteza del adulto que junto con la reticular serán las tres capas de corteza que persisten durante toda la vida.

El segundo punto a que aludíamos antes se comprenderá si acudimos a la Embriología Comparada, para ver cómo es el desarrollo de estas glándulas en otras especies animales. En los mamíferos y por consiguiente en el hombre, corteza y médula se imbrican perfectamente como hemos visto. Si descendemos hacia animales más inferiores vemos que en los reptiles, por ejemplo, la corteza no engloba a la médula sino que están simplemente adosadas. En los peces, animales menos evolucionados aún, corteza y médula son órganos totalmente independientes. En el proceso de evolución de las especies, por tanto, los dos componentes de las glándulas suprarrenales tienden a unirse, siendo en el hombre donde esta unión alcanza su grado máximo.

La médula o tejido cromafín segrega las hormonas *adrenalina* y *noradrenalina* que impregnan y tonifican a los vasos sanguíneos. Para que esta acción sea muy efectiva y generalizada se habrán de formar capilares sanguíneos que transporten a dichas hormonas desde su lugar de formación hasta las cardinales inferiores (VCI) y así pasar a la circulación general realizando su función en todas las partes del cuerpo embrionario. Para que la acción tonificante sea posible, la capa endotelial de los vasos es rodeada de mesénquima que se transforma en fibras musculares lisas. Esta musculatura lisa al contraerse ante la presencia de adrenalina y noradrenalina disminuyen la luz de los vasos sanguíneos y por consiguiente el líquido que contienen —la sangre— queda sometido a una tensión mayor.

Aunque sobre esto se hablará con más detalle en el adulto, podemos ya decir que algunos territorios son muy sensibles a la acción de estas hormonas. Así, por ejemplo, existe una arteria originada de la aorta que se encarga de llevar la sangre al tubo digestivo; es la *arteria mesentérica* (ArM) que tendrá muchas ramas para poder regar a este largo tubo. Una acción vasoconstrictora en el territorio de la mesentérica determina una huida de sangre a ese nivel y por consiguiente un aumento del volumen sanguíneo en otros territorios. Lo contrario también se puede dar, es decir, una vasodilatación a nivel del amplio territorio mesentérico puede llevar a que se acumule aquí demasiada sangre que faltará en otros sitios que pueden ser más vitales.

Sobre el corazón las hormonas de la médula suprarrenal actúan aumentando el tono de la musculatura ventricular. El corazón en estas circunstancias, por no relajarse lo suficiente, lanza menos volumen de sangre en cada contracción, lo que intenta compensar aumentando su ritmo de contracción que es lo que se llama *taquicardia.* Naturalmente la acción taquicárdica e hipertensora de la adrenalina serán convenientes al organismo, en este caso al embrión, siempre que esté dentro de los límites de la normalidad o bien cuando se trate de corregir una baja de la tensión sanguínea o un excesivo enlentecimiento del ritmo cardiaco por la causa que sea.

En capítulos más posteriores veremos que no sólo es la médula suprarrenal la que segrega adrenalina y noradrenalina, sino que el llamado sistema nervioso ortosimpático también será capaz de segregarlas. Esto es muy fácil de comprender si se tiene en cuenta el origen nervioso ortosimpático de la médula adrenal. Asimismo veremos que otras células nerviosas llamadas parasimpáticas son en cierto sentido antagónicas de las ortosimpáticas y de la médula adrenal, pues segregan una sustancia, la *acetil-colina,* que como ya se vio al estudiar el desarrollo del corazón produce sobre el mismo un efecto contrario al de la adrenalina, es decir, un enlentecimiento del ritmo cardiaco o *bradicardia.*

La acetil-colina tiene asimismo una función importante sobre el tubo digestivo (Intes). Recordemos a este propósito que el en-

dodermo daba lugar al tubo digestivo. Esta capa de células endodérmicas formando tubo son rodeadas de células mesenquimatosas que tienen propiedades hematopoyéticas, sobre todo a nivel del saco vitelino. Otras células mesenquimatosas que envuelven al tubo digestivo evolucionan, como en el caso de los vasos, hacia fibras musculares lisas que cuando se impregnan de acetil-colina se contraen. Es de notar, por tanto, que siendo su origen el mismo las fibras musculares de los vasos se contraen con la adrenalina y noradrenalina y las fibras musculares, que rodean al endodermo del tubo digestivo, lo hacen con la acetil-colina. Todo lo cual está en relación con las funciones tan específicas que llevan a cabo; por una parte, el árbol vascular impulsando la sangre a todo el organismo, y por otra, el tubo digestivo que se habrá de organizar para en el adulto poder hacer progresar a los alimentos a lo largo de él. En el embrión esa acción acetilcolínica favorece el drenaje de la hematopoyesis, a que antes hemos aludido, hacia los vasos venosos mesentéricos y hacia la vena *porta* que se forma a expensas de ellos y de la vena umbilical derecha (VUD) llegando por fin al seno hematopoyético (SenH) y a la circulación general.

La corteza suprarrenal, de la que ya hemos dicho algunas características, tiene además la propiedad de colorearse con substancias que tiñen a los lipoides, de aquí que se le denomine también *tejido lipocromo* (Lip). Esta parte de glándula suprarrenal segrega unas hormonas que reciben el nombre genérico de *esteroides* que intervienen en la síntesis proteica favoreciendo, por tanto, el crecimiento de los tejidos. Pero tienen también otras funciones que se correlacionan con las de la médula suprarrenal. Algunos de estos esteroides intervienen regulando el sodio y el agua y, por tanto, regulando los líquidos corporales, y en consecuencia el volumen sanguíneo. La médula, por medio de la adrenalina y noradrenalina ya vimos que adaptaban la luz vascular a ese volumen sanguíneo. Todas estas funciones en las que el metanefros tiene también un papel muy importante serán analizadas con detalle cuando estudiemos el organismo adulto.

FIG. 82

De todo lo dicho hasta ahora surge una pregunta: ¿Qué función tiene la corteza fetal o acidófila? Esta parte de corteza desaparece en su mayor parte, como hemos dicho más arriba, siendo ésta la causa de que la suprarrenal vaya perdiendo tamaño y peso a medida que el recién nacido va creciendo. En cuanto a su función parece ser que es la de segregar hormonas sexuales de naturaleza masculina que contrarresten a la gran cantidad de hormonas sexuales femeninas que como la coriogonadotropina son segregadas por la placenta.

Tenemos en definitiva que las glándulas suprarrenales son dos órganos formados cada uno de ellos por la médula, o tejido cromafín, y la corteza, o tejido lipocromo, que segregan una serie de hormonas cuyas acciones conjuntas son necesarias para el desarrollo del embrión y del individuo adulto como se verá en su momento.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMA INCRETOR PRIMITIVO. *Tejido cromafín. Adrenalinergia. Tejido lipocromo. Colinergia. Esterogenia.* Musculatura entérica. Hematopoyesis entérica. Vena porta. Arteria mesentérica. Musculatura arterial. *Glándula adrenal.* Vasos adrenales.

CAPÍTULO 9

APARATO INCRETOR EN DESARROLLO PARA REGULAR LA NUTRICIÓN. SUBSTRATO REGULADOR DEL METABOLISMO

Los nuevos problemas nutritivos que plantea el embrión requieren la creación de más glándulas endocrinas, constituyendo un verdadero aparato incretor en desarrollo, y sus nuevas glándulas son inducidas a lo largo del desarrollo embrionario. A este propósito, debemos de recordar que por debajo del primitivo *nudo epiblástico* se formó la *línea primitiva* (LP) (fig. 83). Debemos de recordar también que la parte de epiblasto que queda encima de la línea primitiva crecía considerablemente por el dorso del embrión, mientras que la parte que quedaba por debajo de la línea primitiva, llamado *hipoblasto* (Hp), no crecía; sin embargo, el hipoblasto era capaz de inducir la formación de los órganos de nutrición, como el *alantoides* y el *aparato circulatorio* en general. A este fin, el aparato circulatorio recién esbozado arrastraba un poco de hipoblasto, que se difundía por los órganos circulatorios, que se van formando, y a la vez por la pared del tubo digestivo primitivo, induciendo sucesivos desarrollos, ahora circunscritos en la *red del seno hematopoyético* y en la pared del *seno venoso*, que debemos considerar separadamente [11].

El hipoblasto, junto al seno hematopoyético, realiza importantes inducciones que se suceden en cadena, a saber:

1.º Hace que el tubo digestivo se acerque al lago hematopoyético, para lo cual tiene que incurvarse formando un asa que perdura en estado adulto y que, por su longitud (en el adulto, 12 dedos de longitud), recibe el nombre de duodeno (Duo). El acercamiento del duodeno se hace simultáneo a la formación de un brote en las paredes de este mismo intestino, que crece y se compenetra con el seno hematopoyético, ramificándose profusamente y reduciendo el espacio interior de dicho seno, el cual disminuye su función hematopoyética en consecuencia. En contraste con esto, el árbol formado, llamado también *árbol hepático*, adquiere la propiedad de absorber los *azúcares* que circulan traídos por la vena umbilical.

Su función de absorber los azúcares circulantes se encamina a regular la *glucemia* y, por lo tanto, a conseguir un nivel relativamente constante (un gramo por litro). Para ello se requieren nuevas organizaciones a constituirse.

2.º De la concavidad del duodeno (y por lo tanto del lado opuesto a su parte convexa, de donde salía el árbol hepático), se induce el *brote del páncreas*, que crece mostrándose en dos ramas, derecha (Pn D) (ventral) e izquierda (Pn I) (dorsal) las cuales terminan por cabalgar en forma de pinza sobre la ar-

[11] Para más detalles sobre Inducción en este territorio, ver BALINSKY (1927), BAUZTMAN (1933), WEISS (1939).

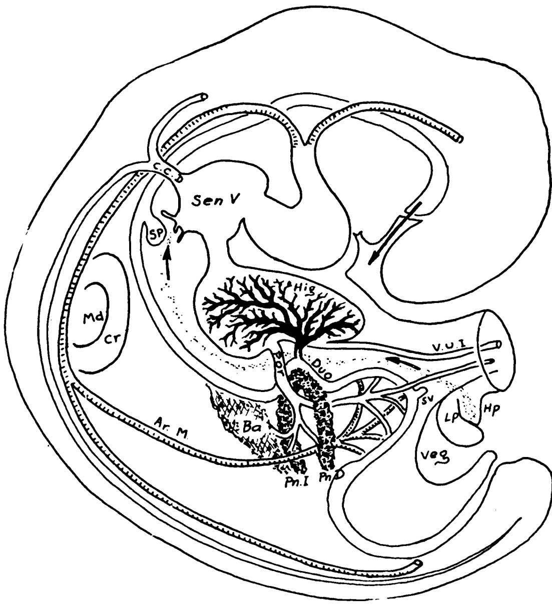


FIG. 83

teria mesentérica (Ar M). Esta *pinza de páncreas* desprendida de la pared del intestino es capaz desde este momento de segregar dos hormonas fundamentales, la *insulina* y el *glucagón,* que regulan la capacidad de absorción del árbol hepático para el azúcar, quedando así también regulada la glucemia. Las dos hormonas son llevadas hacia el hígado, drenando por la vena porta (Por), que también sufre el cabalgamiento de las dos ramas de páncreas. Ya en el hígado, estas hormonas influyen en el árbol hepático: la insulina, aumentando su capacidad de absorción para el azúcar y, en consecuencia, conduciendo a la *hipoglucemia,* y el glucagón, realizando el mismo fenómeno, pero en sentido contrario. La producción de estas hormonas en el páncreas es estimulada automáticamente por el estado de glucemia existente. La insulina, cuando hay *hiperglucemia;* entonces el árbol hepático absorberá el azúcar sobrante, que llevará al organismo el estado de hipoglucemia; este estado, a su vez, estimulará en el páncreas (por vía sanguínea siempre) la producción de glucagón, hormona que realizará el efecto contrario.

3.° La implantación de la regulación de azúcar, o sea, la *glucogénesis,* hace que el hígado (Hig) reduzca considerablemente su función hematopoyética primitiva. En el hígado adulto existen sólo reminiscencias circunstanciales de esta función. Para compensar tal reducción, se estimula la hematopoyesis en el mesénquima que rodea el tubo digestivo, donde ya existía anteriormente. A este propósito, una parte de tal mesénquima se destaca y diferencia del resto, constituyendo un nuevo órgano, el *bazo* (Ba), el cual recibe ahora la sangre de la arteria mesentérica y drena el producto hematopoyético a la vena porta, que se encuentra en su contacto.

La hematopoyesis del bazo pronto se especializa en la creación de un determinado elemento sanguíneo, el llamado *monocito.* Éste es un glóbulo blanco que tiene propiedades macrofágicas, destruyendo, en consecuencia, los cuerpos extraños que pueda acarrear el aparato circulatorio. Los monocitos se obtienen directamente al liberarse las células del retículo del mesénquima que compone el bazo. La propiedad macrofágica del monocito y del retículo del mesénquima del bazo se pone de manifiesto cuando aparecen los primeros cuerpos extraños en la sangre, cuerpos extraños que se forman normalmente por la inutilización de los glóbulos rojos (que envejecen cuando la hemoglobina que contienen ha perdido las propiedades de fijar los gases respiratorios). Entonces los hematíes viejos son destruidos en el bazo y su hemoglobina es liberada, transportándose al hígado por vía de la vena porta. En el hígado, la hemoglobina induce una nueva función.

4.° La hemoglobina que llega al hígado por vía de la vena porta es absorbida por el árbol hepático, recogida por sus células y convertida en *pigmento biliar.* El pigmento biliar integrará la *bilis.* La bilis será drenada en el interior del árbol hepático, pues éste se fue ahuecando formando los conductos biliares, los cuales tienen que desembocar en el duodeno. Así la bilis será drenada al intestino, estableciéndose en consecuencia una nueva propiedad del hígado, que es la formadora de bilis, para participar en los fenómenos de la digestión que se han de realizar

más adelante en el interior del tubo digestivo.

Notemos, pues, que a propósito del *hígado* se constituye una serie de funciones: la *hematopoyética,* propia del seno hematopoyético, antes de formarse el hígado; la *glucogénica,* donde el hígado participa, en colaboración con el páncreas; por último, la *biliar* o digestiva, que necesita previamente de la hemoglobina que le envía el bazo.

El hipoblasto, junto al seno venoso, realiza importantes inducciones:

1.º Obliga a la formación del saco pulmonar (SP), desprendido del tubo digestivo.

2.º Crea alrededor del saco pulmonar un mesénquima hematopoyético que drena hacia el seno venoso (Sen V).

3.º El saco pulmonar, que en un principio no puede tener aire, contiene en cambio substancias de desecho procedentes del líquido amniótico que entra por la boca del embrión cuando ésta se perfore (flecha). En consecuencia, los detritus acumulados en el saco pulmonar hacen que el mesénquima que lo rodea oriente su hematopoyesis hacia la formación del monocito, ya que éste es un elemento de defensa, para que el detritus, como cuerpo extraño, sea macrofagocitado. El pulmón, pues, en un principio ejerce propiedades defensivas, propiedades que conservará en el adulto con los mismos fundamentos, para defenderse de las substancias extrañas que entonces acompañarán al aire respiratorio.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SUBSTRATO INCRETOR METABÓLICO EN DESARROLLO. Glucogenia. *Arbol hepático. Islotes pancreáticos.* Insulina. Glucagón. *Bazo primitivo. Pulmón primitivo.*

CAPÍTULO 10

SUBSTRATO ENDOCRINO REGULADOR DEL CRECIMIENTO Y DE LA REPRODUCCIÓN

El hipoblasto embrionario (definido en la lección anterior), además de ejercer inducciones en el seno hematopoyético y en el seno venoso, continúa expresando inducciones nuevas más oralmente: a nivel de la arteria carótida (Caro) (fig. 84), resultando nuevos órganos, derivados todos del endodermo digestivo, destinados para glándulas incretoras que contribuyen al *crecimiento* [12].

Las inducciones que determina el hipoblasto junto a la carótida, hacen que el tubo digestivo forme fondos de saco delante y detrás de ella: las llamadas *bolsas faríngeas*. De la pared de estas bolsas emigran brotes de tejidos que se conglutinan por fuera de la carótida (tanto en el lado derecho como en el lado izquierdo) constituyendo una masa común, de donde se diferencian: la *glándula timo* (Tm), que resbala en su crecimiento por encima y ante el corazón, y la *glándula paratiroides* (Pt), que permanece en el mismo punto donde se formó.

Consideramos aquí tan sólo las bolsas faríngeas III y IV, por estar directamente relacionadas con las glándulas endocrinas que nos ocupan, dejando para más adelante las bolsas I y II, de las que derivarán las trompas de Eustaquio, y las amígdalas palatinas, respectivamente.

La *glándula timo* (Tm) segrega la llamada *hormona tímica*, que, vertida en la sangre y distribuida por todo el organismo, estimula el crecimiento del mesénquima, con lo cual así se dispondrá de material suficiente para sucesivos crecimientos y organizaciones. Esta glándula timo se atrofia lentamente después del nacimiento.

La *glándula paratiroides* (Pt) segrega la llamada *parathormona*, que influye en el nivel de calcio sanguíneo, esto es, la *calcemia*. El nivel cálcico constante es necesario para que el organismo pueda, entre otras cosas, construir el hueso a la par que va creciendo.

Tanto la hormona tímica como la parathormona tienen que ser drenadas al sistema venoso, haciéndolo en la vena cardinal superior, vena que representa la *yugular* del adulto. Hormona tímica y parathormona actúan en cierta relación. En la misma relación que pueden tener el proceso de crecimiento y el de la osificación que le acompañe.

El mismo grupo inductor a que nos referimos ahora influye en la parte más oral del tubo digestivo. Esta parte (todavía sin perforar, futuro *istmo de las fauces*) envía una prolongación que se incurva hacia abajo, atraída por la influencia hipoblástica indicada, constituyendo el llamado *agujero ciego* del istmo de las fauces, de donde emigran brotes para constituir la llamada *glándula tiroides* (X), glándula que segrega *tiroxina*, hormona que estimula las oxidaciones y, por lo tanto, la combustión de los azúcares. Esta circunstancia determina, pues, mucha ener-

[12] Para más detalles, ver WELLER (1933).

gía liberada en las reacciones exotérmicas de oxidación, energía que aprovecha el organismo para otras reacciones que también necesita, como son las endotérmicas o de síntesis. De aquí que la tiroxina acabe estimulando las reacciones de todo tipo y, en consecuencia, aumente el nivel de actividad de todo proceso orgánico.

La *glándula tiroides* ha quedado compenetrada con la paratiroides, pues ha de trabar con ella ciertas relaciones funcionales en el adulto. Su drenaje se hace también a la vena yugular.

Veamos, pues, que el hipoblasto ha inducido a la formación de nuevos órganos, dispuestos en tres grupos: el grupo del lago hematopoyético, el grupo del seno venoso (ambos estudiados en el capítulo precedente) y, por último, el grupo carotídeo. Cada grupo de éstos está constituido por glándulas incretoras de función básicamente definida: todas son glándulas incretoras, procedentes de la pared endodérmica del tubo digestivo.

Al mismo tiempo que se han ido diferenciando estas glándulas endocrinas, hemos visto que se dispone su riego paralelamente. Las arterias que entonces se constituyen adoptan forma de arco: son los arcos arteriales branquiógenos, en número de seis, ostensibles en especies inferiores. Haciendo estudio comparativo podemos ver que el tronco de la arteria carótida izquierda (Caro) corresponde al tercer arco arterial branquiógeno (III), el cayado de la aorta corresponde al cuarto (IV), debiendo haber además representación para el primero y el segundo (I y II), así como para el quinto y sexto (V y VI). Todo ello ofrecerá el oportuno significado cuando estudiemos las arterias del adulto.

Ahora debemos de considerar que el tejido que forma el mismo nudo epiblástico, como más primitivo e indiferenciado, dará lugar a las *glándulas genitales*. Debemos de considerar también que las glándulas genitales, potencialmente, poseen tejido perenne, pues sobrevivirá al individuo a través de la conservación de su especie, conseguida por la reproducción. Es de comprender igualmente que el primer esbozo de glándula genital derive de dicho nudo (situado residualmente en el fondo de la línea primitiva [Lp]) y se muestre indiferenciado, no pudiéndose saber en principio si se trata de *testículo* o de *ovario*, aunque el sexo esté ya invariablemente determinado en la fórmula cromosómica sexual de la fase primera del desarrollo del individuo, que es la del huevo fecundado.

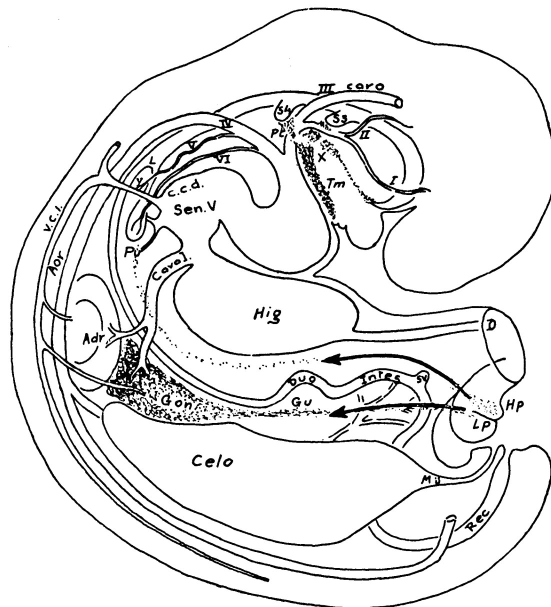


FIG. 84. — Nótese esquemáticamente, a partir del fondo de la línea primitiva (LP) y del hipoblasto (Hp), ventralmente situado a dicha línea, dos trayectos de emigraciones, representados por sus flechas respectivas. La emigración hipoblástica, representada por la flecha superior, camina ante el tubo digestivo y va induciendo primero todas las organizaciones que hay entre el duodeno (Duo) e hígado (Hig). Más arriba induce el vestíbulo pulmonar (Pul). Más arriba aún, junto a la carótida (Caro), induce los sacos faríngeos (S3 y S4), de donde salen las paratiroides (Pt) y el timo (Tm). En la parte más alta se induce la glándula tiroides (X). Notemos que estas inducciones motivan la formación de los arcos arteriales branquiógenos, que se distinguen en número de seis (números romanos).

Las emigraciones procedentes del fondo de la línea primitiva (LP) están representadas por la flecha inferior de la figura. Nótese que al llegar a la glándula adrenal (Adr), las emigraciones se condensan para formar la glándula genital (Gon). La estela residual de emigración constituye el gubernáculo genital (Gu). Nótese el primitivo drenaje de estas glándulas a la vena cardinal inferior (VCI). Igualmente se observa el primordium de la cava inferior (Cava I) para facilitar el drenaje ulterior de estas mismas glándulas. La leyenda restante se indica en el texto.

Desde la zona del nudo epiblástico, correspondiente en el embrión al fondo de la línea primitiva (LP), empiezan a proliferar células que, por constituir la glándula genital, reciben el nombre de *gónadas*. Estas células emigran profundamente a cada lado del tubo digestivo, resbalando bajo la hoja visceral de la cavidad celómica. Su objeto es reunirse todas las células gonadales para constituir un cuerpo glandular (Gon) junto a la corteza adrenal (Adr), con la que en un principio van a colaborar funcionalmente, pues, antes de que la glándula genital actúe como testículo o como ovario tiene que crear funciones parecidas a las de aquella glándula adrenal para que resuelvan las necesidades nutritivas y de crecimiento que obligarán la definitiva implantación de las funciones sexuales.

Aunque con el desarrollo ulterior, perderán la gónada y la glándula adrenal (por el descenso de aquélla), sus relaciones topográficas mutuas conservarán, sin embargo, su conexión funcional, quedando para siempre una zona de la adrenal (capa reticular) al servicio de funciones genitales (producción de hormonas masculinizantes).

La glándula genital aparece, pues, junto a la adrenal (Adr) y a la cavidad celómica (Celo), si bien realizó una emigración gonadal desde el fondo de la línea primitiva donde está su origen, siguiendo después a ambos lados del tubo digestivo. La estela de emigración queda manifiesta desde este momento y perdura en el adulto. Se la conoce con el nombre de *gubernáculo genital* (Gu).

Queremos, pues, dejar bien claro, que aunque la glándula genital se organice, en parte, a expensas del epitelio celómico en proliferación y del mesénquima subyacente condensado, sus *células germinativas* llegan a ella por emigración desde la zona topográfica en que radicó en su momento el nudo epiblástico, completando así su organización. (BAUTZMAN, MANGOLD, LANGMAN, TUCHMANN-DUPLESSIS, etc.).

Notemos, por último, que la glándula adrenal (Adr) (fig. 84), así como las glándulas genitales (Gon), junto con los nefros, forman un conglomerado glandular cuyo drenaje se hace en un principio a la vena cardinal inferior (VCI) (fig. 84). Sin embargo, dada la proximidad de este conglomerado glandular al hígado, hace que pronto derive hacia aquí un nuevo drenaje que hará abocamiento por debajo del seno venoso (SenV), constituyéndose así la vena cava inferior (CavI).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SUBSTRATO ENDOCRINO REGULADOR DEL CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN EN DESARROLLO. *Tiroides. Timo. Paratiroides. Gónadas. Glándula genital.* Gubernáculo genital. Cava inferior. Arcos arteriales branquiógenos.

CAPÍTULO 11

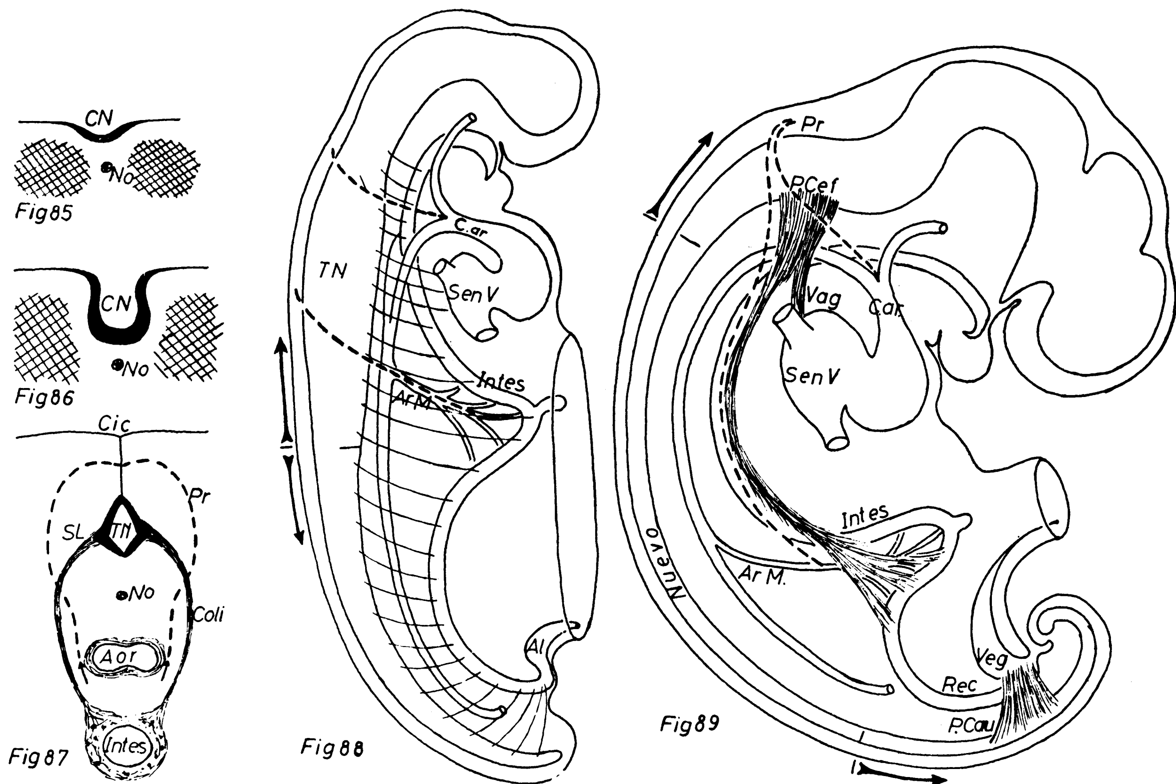
LA ORGANIZACIÓN FINALISTA: SISTEMA NERVIOSO PRIMITIVO. TUBO NERVIOSO. SISTEMA PARASIMPATICO

Hasta ahora el desarrollo del embrión ha permitido obtener órganos para la nutrición y para la reproducción, apuntando en consecuencia al fin de conservación del individuo y de la especie. Sin embargo, el fin esencial del individuo es otro, mucho más elevado, debiendo ahora de referirlo simplemente al concepto *relación con el medio exterior*. Las funciones de *relación* se realizan con nuevos órganos, a base fundamentalmente del SISTEMA NERVIOSO.

El sistema nervioso primero es un *tubo* formado por invaginación del ectodermo de la espalda, inducido por la notocorda (No) y el tejido epiblástico que la rodea. La inducción empieza en el ectodermo, haciendo que se hunda en canal llamado *canal neural* (CN) (figs. 85 y 86) y que después se cierre (TN) (fig. 87) formando un tubo, el *tubo nervioso*, que acaba distanciándose de la espalda pero unido a ella mediante una cicatriz de soldadura o *cicatriz epineural* (Cic). El tubo se cierra primero a nivel de la espalda, tardando algo más en cerrarse a nivel de la cabeza y de la cola, por lo cual queda una abertura cefálica y otra caudal hasta que el cierre se hace completo[13].

[13] Sobre constitución de tubo nervioso primitivo: HARRISON (1938), BARTELMEZ (1934). Detalles sobre su mecanismo inductor: BAUZTMANN (1926, 1928, 1929 y 1933). Sobre su capacidad inductora del mismo tubo nervioso: MANGOLD y SPEMANN (1927).

En el tubo nervioso así constituido se establece pronto un *potencial bioeléctrico*, origen de las corrientes nerviosas que han de salir de él para influir en otros órganos. Este potencial se consigue merced a la capacidad acumulativa de la acetilcolina que empiezan a elaborar las mismas células que componen la pared del tubo nervioso. El potencial motiva la formación de una corriente a los órganos adyacentes, en concreto, al tubo digestivo. El sustrato de conducción de la corriente parte del tubo nervioso (TN) (fig. 87), de donde se desprenden emigraciones celulares a partir de una cresta lateral en él formada o *surco limitante* (SL), y llegan al tubo digestivo (Intes) rodeándole y proporcionándole un *plexo nervioso* también, que va a distribuirse por la musculatura de dicho tubo. De esta suerte, la corriente que sale de las paredes del tubo nervioso podrá ser conducida hasta el plexo nervioso que rodea el tubo digestivo, plexo llamado *parasimpático mural*, lo que hará que, de las terminaciones de este plexo nervioso, se liberen microgotas de acetilcolina, capaces de actuar en la fibra muscular para que se contraiga. De esta suerte, la musculatura del tubo digestivo se puede contraer y provocará drenaje de hematopoyesis en el espesor de su pared, merced a la acetilcolina liberada localmente. Por este motivo, la contracción se ejercerá sólo en la zona de acetilcolina liberada, lo que la diferencia de la contracción



general de las fibras musculares entéricas por efectos de una acetilcolina circulante segregada por la glándula adrenal.

A todo lo largo del tubo nervioso salen pues vías de conducción de corriente hacia el tubo digestivo (líneas horizontales paralelas) (fig. 88). Para ello existe una serie de fibras de conducción lanzadas horizontal y paralelamente entre ambos tubos. Así, el aparato digestivo (Intes) se puede contraer zonalmente en cualquier altura y exprimir la hematopoyesis que corresponda. El alantoides (Al), como parte final del tubo digestivo, también recibe esta misma inervación. El seno venoso (SenV) recibe igualmente plexos nerviosos, desprendidos parcialmente del tubo digestivo, con lo cual también llegará hasta aquí la corriente nerviosa y, por lo tanto, la liberación de la acetilcolina. Un exceso de acetilcolina en el seno venoso hace que adquiera más capacidad de acumular potencial bioeléctrico y, en consecuencia, el nivel de carga sea más alto, lo cual requiere un más largo período acumulativo, determinando en consecuencia un ritmo más lento de descarga. El exceso de acetilcolina en el seno venoso cardiaco lleva pues hacia la *bradicardia.*

Establecida esta disposición, el tubo nervioso va a crecer considerablemente a lo largo en pleno dorso (flechas, figs. 88 y 89), que es donde el epiblasto y la notocorda ejercen la mayor capacidad inductora. Por este motivo, el nuevo tubo nervioso formado aquí obliga a que las partes del antiguo tubo nervioso se rechacen y apelotonen polarmente, replegándose hacia la parte cefálica y arrollándose hacia la parte caudal (fig. 89). La parte nueva del tubo nervioso formada (nuevo) es larga y queda, pues, intermedia entre su parte cefálica y la caudal. Las fibras nerviosas que existían antes paralelas, ahora se dividen en dos grupos, arrastradas por la polarización de las dos partes antiguas del tubo nervioso. Estos dos grupos o manojos son: uno *cefálico,* que desciende para llegar a los órganos que le corresponden, y otro *caudal,* que asciende del tubo nervioso con el mismo

fin, inervando a la parte final del tubo digestivo y al alantoides. Estos dos manojos de fibras que conducen la corriente nerviosa hacen que el sistema de inervación se le llame *parasimpático*, en consideración a la disposición polar *para* clásica. Así, el parasimpático consta de PARASIMPÁTICO CEFÁLICO (PCef) y de PARASIMPÁTICO CAUDAL (PCau), siendo este último de reducida extensión inervadora.

El parasimpático actúa, pues, merced a los impulsos que le vienen del tubo nervioso. A su vez, dichos impulsos han procedido de otras zonas del organismo, que avisan de la necesidad de que este parasimpático funcione. Precisamente, el estado de tensión sanguínea es lo que motivará este aviso al tubo nervioso, para que éste ordene, como en acto reflejo, el funcionamiento parasimpático.

La tensión de la sangre la reciben fibras nerviosas también, formándose una corriente nerviosa que camina hacia el tubo nervioso, siendo precisamente su entrada a nivel de la cicatriz del tubo (líneas de puntos) (figuras 87 a 89). A estos efectos, desde las aortas parten fibras que llegan a la cicatriz epineural del tubo (Cic) (fig. 87) y que transmiten aquí en forma de corriente nerviosa el estado de tensión que recogen de la aorta. Así, dicha corriente llega al tubo nervioso y se forma el reflejo, que continúa por vía parasimpática para realizar la acción correspondiente. Estas vías que recogen las sensibilidades de presión sanguínea reciben el nombre de *vías presoceptivas*. Recogen la presión desde el sitio más apropiado en que se puede recibir el choque de la onda sistólica, como son los espolones vasculares de bifurcación. También parten de zonas en donde varía mucho el volumen de sangre contenido, como ocurre en la arteria mesentérica (ArM). Estas vías sensibles son absorbidas en su mayoría por el manojo parasimpático cefálico. Esto es un motivo más para que el manojo cefálico del parasimpático revista toda la importancia de este sistema.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ORGANIZACIÓN FINALISTA. SISTEMA NERVIOSO. *Tubo nervioso primitivo. Sistema parasimpático = Sistema nervioso colinérgico.* Cresta limitante. Parasimpático mural. Cicatriz epineural. Sensibilidad presoceptiva. Parasimpático cefálico. Parasimpático caudal.

CAPÍTULO 12

SISTEMA NERVIOSO ORTOSIMPÁTICO. SISTEMA NERVIOSO SOMÁTICO

El parasimpático, ya estudiado, constituido por dos grandes manojos, inerva el tubo digestivo y el seno venoso del corazón desprendiendo acetilcolina local en sus terminaciones nerviosas; por otra parte, la actuación del parasimpático está condicionada al aviso que recibía el tubo nervioso de corrientes presoceptivas, todo lo cual integraba el *sistema parasimpático*. Aparte de esto, quedan órganos todavía sin inervar por el tubo nervioso, correspondiendo a los vasos arteriales, pues la contracción muscular de sus paredes debe de ser también regulada por inervación. A estos efectos se forma el llamado *sistema ortosimpático*.

El SISTEMA ORTOSIMPÁTICO (figs. 90 y 91) está constituido por emigraciones que salen del surco limitante (SL) del tubo nervioso, pero de su parte nueva, y que llegan hasta los grandes vasos donde se condensan formando ganglios nerviosos capaces de emitir impulsos a los vasos adyacentes. La corriente nerviosa que, desde los ganglios, llega a los vasos, determina en el cabo final de la fibra por donde camina la liberación de una microgota de adrenalina. La adrenalina impregnará las fibras musculares del vaso, provocando la contracción de su pared en la zona donde ha ocurrido el fenómeno. El mecanismo de la adrenalina liberada por el ortosimpático es el mismo que el de la desprendida en la médula adrenal; la única diferencia es la acción zonal de la primera y la acción general de la segunda.

Los ganglios nerviosos ortosimpáticos se disponen en gran masa junto a las zonas de encrucijadas vasculares. Así se constituye el llamado *ganglio estrellado* (Estr), junto al cayado de la aorta, en su parte descendente; igualmente tenemos el *ganglio solar* (Sol), junto al arranque de la arteria mesentérica (ArM). Entre el ganglio estrellado y el ganglio solar se dispone una *cadena ganglionar intermedia* (Cad), un tanto satélite de la aorta, siempre a cada lado, coincidiendo cada ganglio con una pequeña arteria colateral. La disposición seriada de estos ganglios corresponde a la posición *orto* clásica, de aquí el nombre de «ortosimpático». El *ganglio estrellado* actuará inervando la carótida, el arranque de la aorta, el conducto arterioso y el ventrículo. El *ganglio solar* actuará inervando todas las ramas de la arteria mesentérica. Los *ganglios de la cadena intermedia* inervarán colaterales arteriales intermedias según salen de la aorta.

El sistema ortosimpático así constituido funciona por impulsos procedentes de la parte nueva del tubo nervioso de donde ha emigrado. A su vez, esta parte recibe un aviso sensible de cualquier territorio vascular del organismo cuya irrigación esté comprometida. Caso de mala irrigación se desintegran proteínas y se forman cuerpos amínicos tóxicos, los cuales estimulan terminaciones nerviosas allí existentes, originándose una corriente sensible a causa de este proceso nocivo existente, por el cual se la denomina

corriente *nocioceptiva* vascular, la cual, conducida, aborda la cicatriz (Cic) de la parte nueva del tubo nervioso y provoca un *reflejo ortosimpático de vasoconstricción* zonal que combate el estasis, resolviendo así el defecto de circulación existente. Las fibras nociceptivas suelen llevar un camino análogo al de las fibras ortosimpáticas desprendidas del tubo nervioso, pero en sentido contrario.

Constituido el sistema parasimpático que inerva el aparato digestivo, y el sistema ortosimpático que inerva el aparato circulatorio, queda el llamado SISTEMA SOMÁTICO, que va a inervar la musculatura del cuerpo para su contracción. Esta musculatura somática procede del llamado *somita.* El somita es un acúmulo de epiblasto formado a cada lado del tubo nervioso cuando éste se constituye. Naturalmente, el epiblasto aquí es capaz de inducir mesénquima, del que es muy difícil diferenciar visualmente. El somita forma abultamientos bajo la piel del dorso llamados *dermómeros* (Dermo) y es capaz de dar lugar a tejidos que emigren y se conviertan en músculo. Por eso se llaman *miómeros* (Mio) (fig. 91). La parte cutánea y la parte muscular del somita indicadas están conectadas con el tubo nervioso. Así, de la piel parte un nervio que conduce corriente desencadenada por excitaciones táctiles; la corriente llega hasta la cicatriz epineural, pasando de aquí al tubo nervioso, de cuya pared salen nuevas prolongaciones hasta el músculo. De esta suerte puede establecerse un *arco reflejo sensitivo-motor* que permita que un estímulo táctil desencadene la contracción de un músculo somítico.

Los somitas están dispuestos en niveles escalonados a cada lado del tubo nervioso (figura 90), formando, en consecuencia, una

FIG. 90

FIG. 91

sucesión de abultamientos en el lado derecho y otra en el lado izquierdo. Cada somita está recubierto de un manto cutáneo, existiendo en el interior de cada uno los nervios sensitivos táctiles que vienen de la piel del somita y los nervios motores que van al músculo que lo rellena. Se notan apareadamente cuatro somitas cefálicos, ocho somitas cervicales, doce somitas dorsales, cinco somitas lumbares, cinco somitas sacros y uno o dos somitas coxígeos. De cada uno de estos somitas han de salir pues grupos musculares que emigrarán y formarán musculaturas definitivas en el adulto. Lo mismo ocurrirá con el territorio cutáneo. Así, durante su emigración irá traccionando del nervio que recibe (o neurómeno), que se alargará toda la longitud que sea preciso para cubrir el trayecto entre el tubo nervioso, el lugar del emplazamiento definitivo del músculo y territorio cutáneo correspondiente en el adulto.

El *somita,* cuyos componentes conocidos están dispuestos a emigrar, como le pasa al *miómero,* al *dermómero* y al *neurómero,* tiene también otros componentes más, como el *esclerómero,* dispuesto también a emigrar para formar inducciones organizadoras primero y el esqueleto después. Por todo lo dicho, cada conjunto somítico también recibe el nombre de *metámero.*

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Sistema ortosimpático = *Sistema nervioso adrenalinérgico.* Cadena ganglionar. Ganglio estrellado. Ganglios solares. *Sistema nervioso somático.* Somitas. METÁMERO. Dermómero. Neurómero. Miómero. Esclerómero.

CAPÍTULO 13

METAMERÍA DEL TRONCO Y EXTREMIDADES EN CRECIMIENTO

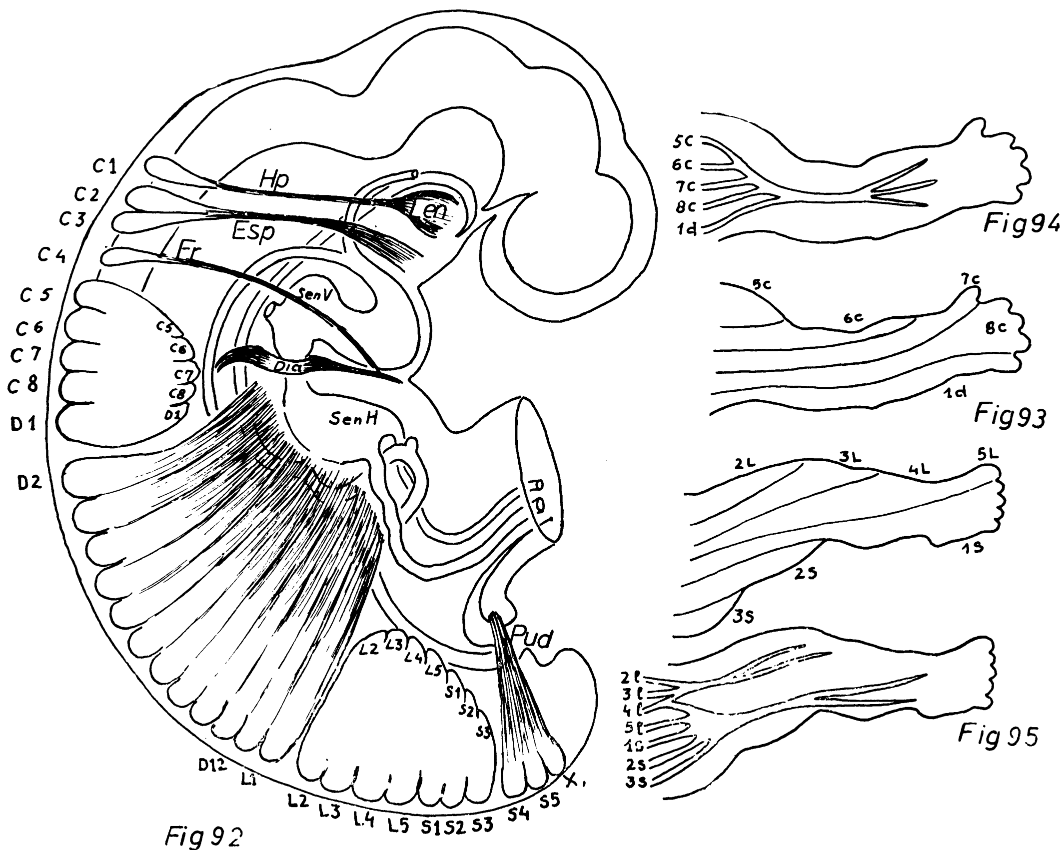
Dispuestos los somitas ordenadamente de arriba abajo y a cada lado del tubo nervioso y haciendo hernia bajo la piel, dan al embrión un aspecto segmentado característico: El *aspecto metamérico.* Este aspecto se pierde más adelante, cuando emigran los componentes somíticos para formar zonas musculares y cutáneas a distancia de su origen, arrastrando detrás de ello los nervios sensitivos y motores correspondientes. La distribución ulterior de cada somita, pues, se hace por una faja de territorio embrionario más o menos horizontal. Estos territorios persisten funcionalmente en el adulto. Son los *metámeros funcionales,* de gran interés en Medicina. Los SOMITAS o METÁMEROS se mostraban en el embrión, apareados escalonadamente de arriba abajo (lección anterior), en cuatro CEFÁLICOS, ocho CERVICALES, doce DORSALES, cinco LUMBARES, cinco SACROS y uno o dos COXÍGEOS. Los SOMITAS *cefálicos* tienen que emigrar hacia delante porque queda aquí amplio espacio libre de expansión; entonces pasan a constituir los *arcos branquiógenos* que emergen bajo la piel del cuello, en claro relieve cuyo desarrollo ulterior debe de quedar para la lección siguiente.

EL PRIMER SOMITA *cervical* (cl) desprende su parte muscular, que emigra casi toda para formar la lengua, siendo atraída por el cabo oral del tubo digestivo todavía sin haber sufrido influencia de hipoblasto. El desplazamiento de la musculatura de la lengua (Len) da lugar por estiramiento a la formación del llamado nervio *hipogloso* (Hp) y más adelante a su nervio accesorio.

EL SEGUNDO Y TERCER SOMITA *cervical* (c2 y c3) reúnen entre sí su parte muscular, que emigra para formar musculaturas del cuello, ostensibles superficialmente en el adulto, pero que en el embrión influyen ya al contraerse, en la circulación venosa cardinal a la que cubren. Esta musculatura determina por estiramiento la formación del llamado nervio *espinal* y más adelante a su rama accesoria.

EL CUARTO SOMITA *cervical* (c4) desprende su musculatura hacia el tubo digestivo, al que rodea para formar el llamado músculo diafragma (Dia). El diafragma, al principio, influye en el tubo digestivo (lo mismo que la lengua) para empujar al líquido amniótico que se encuentra en su interior. El nervio que se forma por estiramiento en esta emigración recibe el nombre de *frénico* (Fr). El diafragma se extiende entre el seno venoso (SenV) y el seno hematopoyético (SenH) del hígado, constituyendo una lámina horizontal que separa ambos senos y cuya contracción durante el estado embrionario influye facilitando el vaciamiento de un seno en el otro.

EL QUINTO SOMITA *cervical,* juntamente con el SEXTO, SÉPTIMO Y OCTAVO, y además con el PRIMERO *dorsal,* van a disponer un conjunto que servirá de esbozo de la EXTREMIDAD SUPERIOR. Esta extremidad crecerá y adoptará



una forma apropiada para el mejor cumplimiento de la función que le corresponde. Para ello, en los espacios intersomíticos queda un epiblasto organizador que se reúne constituyendo el organizador de la extremidad superior. Este organizador crece y llega a constituir un eje organizador de la extremidad, base del llamado *autópodo,* que organizará la mano para la *prehensión.* El *zigópodo,* que inducirá la organización del antebrazo por dos sistemas inductores para la *pronación* y *supinación.* El *estilópodo,* que es un inductor largo que ha de disponer la organización del brazo, para que con su longitud se logre mayor amplitud a las funciones del miembro. Por último, la *zona* o inductor de la raíz del miembro superior, que constituye el hombro. La parte muscular de cada somita, aunque un poco mezclada con los somitas adyacentes, se tiende a colocar en zonas identificables en el adulto expresadas en la terminación del segmento muscular correspondiente (fig. 93). El quinto somita cervical (c5) llega al hombro; el sexto somita cervical (c6) llega hasta el relieve del antebrazo; el séptimo somita cervical (c7) es un segmento que acaba en el dedo pulgar; el octavo somita (c8) es un segmento que acaba en el segundo, tercero y cuarto dedos. El primer somita dorsal es un continuo y largo segmento que acaba en el dedo meñique. Los nervios que corresponden a los somitas de la extremidad superior se reúnen constituyendo un plexo común o *plexo braquial* (fig. 94), de donde saldrán filetes inervadores para los distintos músculos de cada grupo somítico.

Todos los SOMITAS *dorsales,* incluyendo el *primero* (que en una buena parte se distribuye por la extremidad superior) y añadiendo también el *primero lumbar* (desde el 1d hasta el 12d más el 1l) (fig. 92), reúnen sus partes musculares, constituyendo una sábana carnosa de envoltura general a los órganos interiores.

LOS SOMITAS SEGUNDO, *lumbar y siguientes lumbares* (2l, 3l, 4l y 5l), *así como los sacros*

(1s, 2s y 3s) (fig. 92), se reúnen para constituir el esbozo de la extremidad inferior. Los espacios intersomíticos también están rellenos de epiblasto que se reúne en un bloque organizador de la EXTREMIDAD INFERIOR. Este organizador crece y da lugar a un eje que consta de las siguientes partes: el *autópodo,* que organizará el pie para el *apoyo;* el *zigópodo,* que organizará la pierna para conjugar las funciones del apoyo en el *equilibrio;* el *estilópodo,* que organizará el muslo, para que por su longitud proporcione más alcance a las funciones de apoyo y equilibrio; el *basípodo* o *zona* que establece la organización de la raíz del miembro constituyendo la cadera. Las partes musculares de los somitas correspondientes se distribuyen en fajas ordenadamente (fig. 93); así: segundo lumbar (L2) llega hasta la eminencia interna del muslo. «L3» llega hasta la rodilla. «L4» llega hasta la parte interna de la pierna. «L5» es un segmento que llega hasta el dedo gordo. «S1» es un segmento que coge la pantorrilla y acaba en los cuatro últimos dedos. «S2» es un segmento que coge la parte posterior del muslo. «S3» es un segmento que corresponde a la nalga. Los nervios que corresponden a esta extremidad y que sabemos que son el 2L, 3L, 4L, 5L, 1S, 2S y 3S, se disponen en dos manojos (fig. 95), a saber: el manojo *lumbosacro,* a base del «5L», «1S», «2S» y «3S», que darán lugar a nervios larguísimos que actúan en las musculaturas somíticas correspondientes, destinadas al *apoyo y enderezamiento del miembro.* El manojo *lumbar* «2L», «3L» y «4L», que dará lugar a nervios no tan largos, que se distribuyen por las musculaturas somíticas destinadas a la *marcha.* El manojo nervioso lumbar y el lumbosacro constituyen juntos el *plexo podal* [14].

LOS SOMITAS CUARTO Y QUINTO *sacro,* así como los *coxígeos* (figura 92) (S4, S5X) se reúnen en una masa carnosa (Pud) que rodea la cloaca formando anillo muscular alrededor del orificio de desembocadura y contribuirá en la *función enmuntoria* del adulto.

[14] Para más detalles, BARDEEN y col. (1901).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

METÁMEROS FUNCIONALES. *Metamería axil. Metamería apendicular.* Nervio accesorio hipogloso. Nervio accesorio espinal. Nervio frénico. *Plexo braquial. Plexo podal = Plexo lumbosacro.*

CAPÍTULO 14

METAMERÍA CEFÁLICA. ARCOS BRANQUIÓGENOS

Los cuatro ARCOS BRANQUIÓGENOS se forman en el embrión por expansión y desplazamiento de los cuatro primeros somitas cefálicos (ya mencionados en la lección anterior). Su desarrollo ulterior dará lugar en el adulto a órganos importantes, lo que obliga a un detenido estudio desde que se empiezan a mostrar como abultamientos escalonados:

El somita cefálico que primero se desplaza es el TERCERO (III) (fig. 96), el cual envía a su parte muscular alrededor del tubo digestivo, al que cubre en una extensión determinada que recibe el nombre de faringe (F). El músculo faríngeo primitivo así constituido recibe impulsos del nervio formado aquí por estiramiento: es el llamado *nervio faríngeo* o, clásicamente, *nervio glosofaríngeo*, el cual ha de partir de un nivel apropiado del tubo nervioso (III) (fig. 96).

A continuación se desplaza el CUARTO SOMITA CEFÁLICO (IV), situando su parte muscular alrededor de una zona derivada de tubo digestivo recientemente formada. Esta nueva zona va a ser la *laringe* (L). La laringe se va a constituir por una inducción en el tubo digestivo que determina un espolonamiento entre este tubo y el saco pulmonar (ya indicado en lecciones anteriores). El espolón (Espo) (fig. 96), constituido entre el saco pulmonar y el resto del tubo digestivo, creció hacia arriba inducido por la influencia de un hipoblasto, situado allí primitivamente (Y) (fig. 84, cap. 10), que formó también la llamada «arteria subaórtica» o «quinto arco arterial branquiógeno» (V) (fig. 84, cap. 10). De esta manera, ascendiendo este espolón como tabique de separación, se delimitan completamente las vías digestivas de las vías respiratorias, las cuales adoptan una posición vertical, que se conserva ya en el adulto, con un orificio de entrada un tanto elevado en el tubo digestivo, que recibe el nombre de laringe (L) (fig. 84, cap. 10). Pues bien, alrededor de esta laringe se concentra fundamentalmente la musculatura emigrada del cuarto somita cefálico, constituyéndose así la *musculatura laríngea* y el *nervio laríngeo* (IV) (fig. 96).

Después le toca su turno emigratorio al PRIMERO y al SEGUNDO SOMITA CEFÁLICO, pero antes había acontecido la emigración del primer somita cervical para formar la lengua (ya conocido) y dar lugar por estiramiento al nervio hipogloso (Hp). Por lo tanto, formado ya el hipogloso y la musculatura de la lengua a expensas del primer somita cervical, entonces es cuando emigran el primer y segundo somitas cefálicos para formar el primer y segundo arco branquiógeno, constituyendo grandes relieves bajo la piel de la región. Ambos arcos branquiógenos tienen cada uno en su espesor un armazón organizado, que induce organizaciones sucesivas, observables claramente (fig. 96). Junto al organizador del primer arco branquiógeno, que termina sirviendo de *armazón esquelético mandibular* (Mn), se forman unas muscula-

turas tendidas desde un lado y desde otro de dicho arco esquelético, en busca de ataduras adyacentes; la contracción de estas musculaturas determinará movimientos del primer arco esquelético branquiógeno hacia arriba y hacia abajo, lo que en el adulto sería *masticación.* Por eso, la musculatura del primer arco branquiógeno, adaptada a su armazón organizador esquelético, va a ser la *musculatura masticadora,* y el nervio formado por estiramiento al desplazarse esta musculatura será el *nervio masticador* (I) (fig. 96).

Junto al organizador del segundo arco branquiógeno, que termina sirviendo de *armazón esquelético hioideo* (Hio) (fig. 96), se constituye una musculatura que más tardíamente emigrará hacia los orificios nasales de la cara a la entrada del tubo digestivo; así se formará la *musculatura facial,* la cual a su vez motivará la formación del *nervio facial* (II) que da impulsos a dicha musculatura para la expresión del rostro en el adulto.

Así queda constituida la parte muscular de los cuatro arcos branquiógenos, notando, pues, que los dos primeros forman grandes relieves en superficie por estar rellenos de organizadores y extensas musculaturas con sus nervios, que caracterizan la función masticadora y la función facial-mímica, respectivamente. Más profundamente a estos arcos se encuentra la lengua y el hipogloso que emigró desde el primer somita cervical para contribuir al proceso de la deglución. Más profundamente y hacia atrás tenemos el tercer arco branquiógeno, cuya musculatura faríngea y nervio faríngeo caracterizan funciones deglutoras. Por último, el cuarto arco branquiógeno da lugar a músculos laríngeos con sus nervios que participan en funciones respiratorias.

Los cuatro arcos branquiógenos forman relieve bajo la piel, pero, sobre todo, el primero y el segundo. En el tercero y cuarto arco branquiógeno han emigrado sus musculaturas a bastante profundidad, pero notemos que el relieve no se pierde, si bien lo forma la arteria carótida (Caro) y la arteria aorta (Aort), respectivamente (fig. 96).

El relieve cutáneo de cada uno de los cuatro arcos branquiógenos es capaz de recibir excitaciones táctiles; los nervios sensibles que aquí se constituyen se esbozan a la par que se esbozó cada somita cefálico correspondiente; estos nervios se disponen en cuatro grupos al formarse los cuatro arcos branquiógenos y llevar la sensibilidad cutánea de los mismos a la parte de cicatriz epineural situada al nivel correspondiente. Dicha cicatriz del tubo nervioso evoluciona en el momento en que se constituyó, desprendiendo células que dan lugar al llamado *ganglio sensible,* que es el que recoge las fibras que traen la corriente nerviosa táctil. Por eso, todos los nervios sensibles en el individuo desarrollado van a terminar en un ganglio sensible, pues éste ha procedido de la cicatriz del tubo nervioso. Así, refiriéndonos a los cuatro arcos branquiógenos, se constituyen cuatro grupos de nervios sensitivos (fig. 97) (I, II, III y IV), cada uno por cada arco branquiógeno, poseyendo pues cada nervio un ganglio sensitivo.

El relieve cutáneo del primer arco branquiógeno da lugar a la mandíbula (Mn), a la

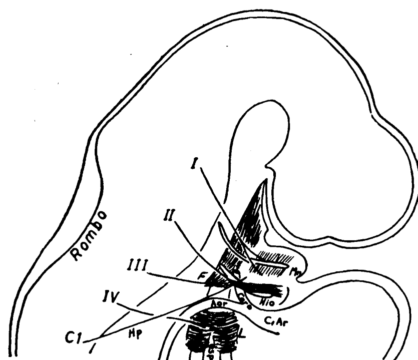


FIG. 96

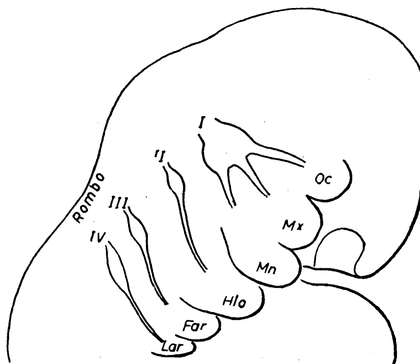


FIG. 97

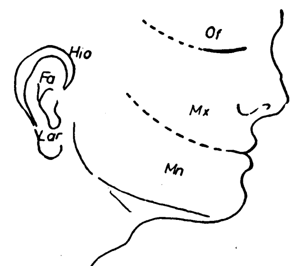


FIG. 98

yema maxilar (Mx) y a la eminencia ocular (Oc); por eso se disponen tres ramas sensitivas para terminar en el ganglio que le corresponde, dando lugar al *trigémino*, el cual forma paquete junto al tubo nervioso con el nervio masticador.

Los relieves cutáneos del segundo, tercero y cuarto arcos branquiógenos se retraen en el adulto y darán lugar a determinados accidentes del pabellón de la oreja del adulto, que ahora no debemos precisar aún (fig. 98). Por eso, las sensibilidades cutáneas de los nervios de los arcos branquiógenos «II», «III» y «IV» son muy reducidas en el adulto y limitadas en el pabellón de la oreja. Sin embargo, existen sensibilidades recogidas por el II, III y IV nervios branquiógenos, que no son cutáneas pero que están desarrolladas profundamente en la pared del tubo digestivo a nivel de los mencionados arcos.

De esta suerte se han constituido cuatro grupos de NERVIOS BRANQUIÓGENOS, existiendo en cada grupo un *manojo motor* y otro *sensitivo*. Estos cuatro grupos abordan la pared del tubo nervioso que corresponde al nivel del somita de donde proceden. Esta parte del tubo nervioso se encuentra replegada formando una quebradura, que hace que el tubo nervioso se abra, como en caña verde, al doblarse, y tome un aspecto rómbico en este pliegue, lo que vale el nombre de ROMBOENCÉFALO (Rombo) [15].

---

[15] Para más detalles: KUPFFER (1891), FRORIEP (1891, 1892, 1894 y 1901), GAUPP (1898)... A pesar del tiempo transcurrido, recogemos en estas obras no experimentales bases para plantear problemas sobre Mecánica de Desarrollo en los arcos branquiógenos.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ARCOS BRANQUIÓGENOS. Sistema neuromuscular masticador o del primer arco. Sistema neuromuscular facial o del segundo arco. Sistema neuromuscular deglutor o del tercer arco. Sistema neuromuscular fonador o del cuarto arco. Arco mandibular o primero. Arco hioideo o segundo. Arco faríngeo o tercero. Arco laríngeo o cuarto.

Distínganse las siguientes denominaciones: *Arcos branquiógenos* (en número de cuatro, inducidos por emigración de los cuatro somitas cefálicos). *Arcos organizadores esqueléticos branquiógenos* (sólo para el primero y segundo arco). *Arcos arteriales branquiógenos* (en número de seis, inducidos por el hipoblasto, según se estudió).

CAPÍTULO 15

TUBO NERVIOSO EN DESARROLLO. RECEPTORES. SENTIDOS

El TUBO NERVIOSO constituido hasta ahora, ofrece en su parte cefálica una serie de pliegues producidos por su [illegible]imiento. De ellos conocemos el *romboencéfalo* (Rom) (fig. 99), que forma un ángulo saliente hacia delante y que se mantiene en su posición merced al sostén de los cuatro nervios branquiógenos que salen de él. Más superiormente está el *mesencéfalo* (Mes), que forma una incurvación compensadora, en sentido contrario al romboencéfalo. Más adelante está el *diencéfalo* (Di), que forma un pico inferiormente, llamado *infundíbulo*, el cual ha sido inducido por el organizador que corresponde al epiblasto precordal (X), situado ante la notocorda (No). Por último, totalmente en el extremo tenemos el *telencéfalo* (Te), que son dos vesículas a cada lado y por delante del diencéfalo, vesículas cuyo desarrollo ulterior llegará a hacerse extraordinario por constituir el substrato de las funciones más elevadas del sistema nervioso [16].

El organizador precordal (X), además de inducir la formación del infundíbulo del diencéfalo, atrae al fondo de la boca (Bo), dando aquí lugar a una bolsa que se transforma en tejido glandular llamado ADENOHIPÓFISIS (A), cuyas hormonas, vertidas en la circulación, regirán todas las funciones nutritivas y reproductoras que se vayan creando [17].

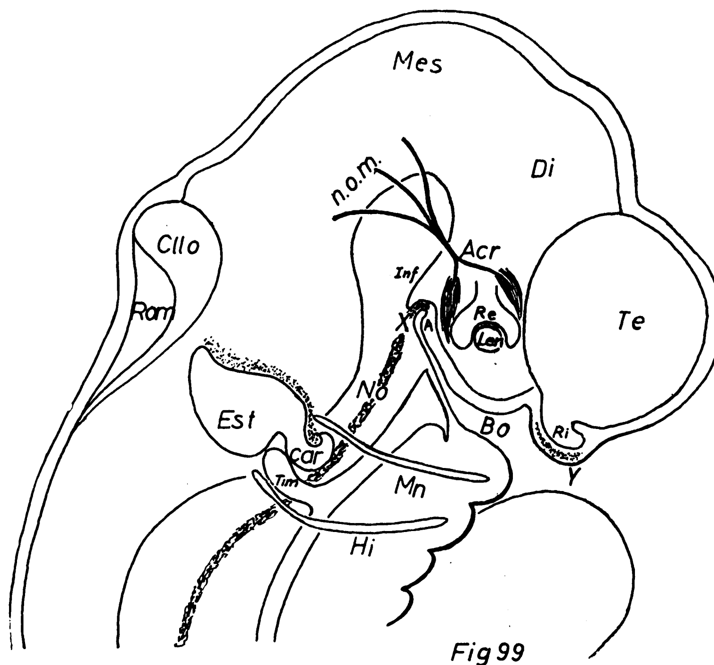
Las funciones más elevadas que se han de desarrollar en el tubo nervioso integrarán el proceso del *conocimiento*. El conocimiento, a su vez, necesita informes del estado del individuo y de las circunstancias que le rodean. Estos informes se recogen mediante receptores apropiados; existen receptores del estado interno del individuo; por eso se llaman *intraceptores*. Existen receptores que recogen las circunstancias que le rodean y se llaman *extraceptores* o también *sentidos*. Entre los intraceptores tenemos receptores del *estado humoral* del individuo y receptores del *estado posicional* del mismo.

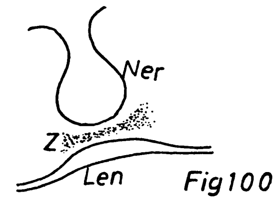
Los *receptores humorales* detectan las hormonas que en la sangre vierte la adenohipófisis y, por lo tanto, las variaciones de las mismas. A este fin, del infundíbulo (Inf) emergen prolongaciones sensitivas que, en forma de redes nerviosas, integrarán la llamada NEUROHIPÓFISIS, que se compenetra en la adenohipófisis (A) para captar de ella su estado hormonal. Así, esta sensibilidad del estado hormonal es llevada al diencéfalo (Di), como base para integrar el sentir humoral o emocional del adulto.

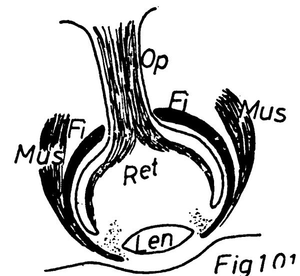
---

[16] El conocimiento sobre el aspecto morfológico del desarrollo cefálico del tubo nervioso se debe a las reconstrucciones de HOCHSTETER (1924, 1929 y 1943). Hoy día siguen interesando estos trabajos para precisar detalles de referencia.

[17] Para más detalles del organizador precordal: ADELMANN (1922, 1924), GLASSER (1914). Las relaciones del organizador precordal y la hipófisis fueron señaladas por SPRANKEL (1956).







Los *receptores posicionales* del individuo están en la llamada *vesícula estática* (Est), la cual se forma por invaginación del ectodermo, a ambos lados del tubo nervioso, a causa de la influencia del llamado organizador estático, que es una parte de epiblasto situada entre la notocorda y los organizadores de los dos primeros arcos branquiógenos. Dicho epiblasto estático atrajo la vesícula estática, aislándola de la superficie ectodérmica de donde ha procedido, pero dejando una cicatriz de soldadura que servirá para que se forme un ganglio y un nervio sensitivo que recibirá el nombre de *ganglio y nervio estático,* que recogerá sensibilidades del interior de la vesícula estática para llevarlas al tubo nervioso [18]. A estos efectos, en el interior de la vesícula estática existe un líquido que primero fue amniótico y que después es reemplazado por la secreción de las mismas paredes de la vesícula. Este líquido, en algunas especies, forma precipitados en *arenilla* que, por su peso, se depositan en la parte más declive de la vesícula. La variación posicional del sujeto obliga a variación de líquido y de la arenilla de la vesícula; esta variación estimula diferentemente los nervios sensibles estáticos que se encuentran en las paredes de la vesícula, dando lugar a una corriente nerviosa estática en relación con la posición del individuo. En el punto del romboencéfalo que se recibe esta corriente de sensibilidad posicional, se destaca una nueva formación llamada *cerebelo* (Cblo), destinada entre otras cosas a recibir la sensibilidad de posición del sujeto.

Entre los extraceptores o sentidos se encuentra el *sentido auditivo,* el cual se prolonga de la vesícula estática en forma de un largo tubo que, para ocupar poco espacio, se arrolla en espiral y recibe el nombre de *caracol* (Car). Dentro del caracol existen multitud de receptores de las distintas vibraciones sonoras según su frecuencia, base del *tono sonoro.* Por ser muy diversas las frecuencias sonoras, tiene que ser muy largo el tubo que forma el caracol y por eso se arrolla en espiral. Las vibraciones sonoras, en las especies inferiores entran por la boca del sujeto y siguen por el tubo digestivo, derivando por una prolongación del mismo llamada *trompa*

[18] Para introducirse en detalles de inducción sobre la organización auditiva: ANDRES (1948, 1949), DALCQ (1933), INTENA (1933, 1950)...

de Eustaquio, que se evagina entre los organizadores de los dos primeros arcos branquiógenos y se adapta al caracol constituyendo la llamada *caja del tímpano* (Tim), contactando suficientemente para transmitir las vibraciones sonoras. En las especies superiores la transmisión del sonido se realiza más bien por la oreja, cuyo fondo se adapta profundamente a la caja del tímpano y puede así transmitir el sonido desde el exterior sin obligada necesidad de la vía digestiva.

El *sentido olfativo* se forma por inducción de un epiblasto olfativo (Y) que determina, por una parte, la formación del RINENCÉFALO (Ri), vesícula que se evagina del telencéfalo (Tel), y por otra, la formación de la FOSA NASAL por hundimiento de la piel de la zona. Entre ambas formaciones se crean nervios de conexión para transmitir la *sensibilidad olfativa* recogida en la fosa nasal.

El *sentido visual* se constituye por la inducción de un epiblasto visual (Z) (fig. 100) que se encuentra en la zona que corresponde al sentido, obligando a una evaginación nerviosa (Ner) por una parte, mientras que, por otra, obliga al engrosamiento de la piel que queda enfrente para formarse el *cristalino* (Len) (fig. 100), el cual se desprende pronto en el interior (Len) (fig. 101). Mientras tanto, la prolongación nerviosa ha evolucionado en forma de copa, que recogerá las sensibilidades luminosas del exterior debidamente refractadas en el cristalino. Esta copa es la *retina* (Ret) (fig. 101), que conduce la corriente nerviosa formada a lo largo de redes nerviosas que constituirán después el *nervio óptico* (Op), para acabar en la pared del tubo nervioso, entre el diencéfalo y el telencéfalo, que es donde se evagina primitivamente.

Cristalino, retina y nervio óptico se rodean de una envoltura común que diferencia músculos (Mus) capaces por su contracción de orientar la situación del GLOBO OCULAR formado. Estos músculos se desprendieron primitivamente de una zona somítica situada inmediatamente delante de los somitas cefálicos. Es el llamado ACROSOMITA. El acrosomita emigra, pues, para formar los músculos y el revestimiento exterior del globo ocular o capa fibrosa (Fi); su emigración determina, por estiramiento, la formación de los llamados *nervios oculomotores* (n.o.m.) (fig. 99), que proceden de la parte de tubo nervioso desde donde emigró el acrosomita [19].

Vemos, pues, que todos los receptores indicados, tanto los propioceptores como los sentidos, se han formado por influencia de inductores desprendidos de tejido epiblástico paracordal; además, las musculaturas oculares han derivado de un epiblasto somítico o acrosomita situado sobre el primer somita cefálico.

Por último, debe de puntualizarse, como hemos visto, que todos los intraceptores y sentidos indicados se originan por hundimiento del ectodermo, que les presta un fondo de saco o una vesícula que integra el receptor. Esta fase de hundimiento ectodérmico va acompañada por un engrosamiento del mismo que recibe el nombre de placodio y que señala precozmente el punto de origen.

---

[19] Algunas referencias para introducirse en inducciones oculares se encuentran en ADELMANN (1930), estudiando el mismo autor, a este propósito, el problema de la ciclopia (1936). Ver también a WOERDMANN (1929).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Romboencéfalo. Mesencéfalo. Diencéfalo. Telencéfalo. Substrato del conocimiento. RECEPTORES. TERMINACIONES INTRACEPTIVAS. *Receptores humorales. Receptores posicionales. Placodios. Sentidos = Terminaciones extraceptivas. Sentido auditivo.* Vesícula estática. Caracol. Nervio estatoacústico. Caja del tímpano. Trompa de Eustaquio. *Globo ocular.* Cristalino = Lens. Retina. Nervio óptico. Nervios olfatorios. *Rinencéfalo.* Acrosomita = Sistema neuromuscular oculomotor. Organizadores precordales = Organizadores sensoriales.

CAPÍTULO 16

BOCA EN DESARROLLO

La boca primitiva o *estomodeum* sabemos que es un hundimiento del ectodermo alrededor del cual se colocan casi todos los receptores ya estudiados. Este hundimiento es motivado por inducción del epiblasto precordal, que atrae el fondo de boca para formar la adenohipófisis (A) (fig. 102). Desprendida la adenohipófisis, queda un resto de fondo de boca, llamado *fosita faríngea* (FF). El tubo digestivo endodérmico va a abordar a la boca por debajo de la fosita faríngea, acercándose al ectodermo y formando una membrana que acabará perforándose (flecha). La perforación de la *membrana ectoendodérmica* del fondo de la boca se realiza cuando la musculatura de la lengua (Le), ya emigrada del primer somita cervical y situada alrededor del agujero ciego (que es el resto de la raíz formadora del tiroides [Tx]), hace hernia en la cavidad bucal. La perforación de la membrana se realiza en este momento, por lo tanto, quedando un resto superior (af) que se rellena de mesénquima capaz de elaborar monocitos y se convierte en un órgano defensivo, que en el adulto reaccionará contra los productos nocivos que entren con lo que se ingiere y con lo que se inhala. Este nuevo órgano formado constituirá la *amígdala faríngea.*

Al *agujero ciego* de la lengua y a sus alrededores van a terminar las fibras sensibles del segundo arco branquiógeno (nervio facial). Estas fibras sensibles son disociadas en dos manojos a causa de la presencia de la trompa de Eustaquio, que aquí va a formar la caja del tímpano. Los dos manojos reciben por lo tanto el nombre de *supratimpánico* (St) e *infratimpánico* (It). Ambos proceden del mismo punto de la boca recogiendo la sensibilidad aquí formada, que es precisamente *gustativa,* y después caminan separados para reunirse en el mismo ganglio sensitivo (Gus), que está deformado y acodado ante el empuje de la cavidad timpánica, recibiendo el nombre de ganglio *geniculado.* Por todo lo dicho, el NERVIO FACIAL, correspondiente al segundo arco branquiógeno, tiene una *parte motora* y una *parte sensitiva* que es *gustativa,* integrada por dos filetes: *supratimpánico* (St) e *infratimpánico* (It), que se reúnen en el ganglio geniculado (Gus).

La boca, vista de frente, está limitada superiormente (figs. 103 y 109) por una eminencia frontal; inferiormente está limitada por el arco mandibular (Mn), sobre el que se encuentra la lengua (Le) (figs. 103, 104, 105, 106 y 110). El epiblasto organizador olfatorio había inducido las fositas nasales (Na) (véanse en todas las figuras), a ambos lados de la línea media. Por otra parte, el epiblasto ocular indujo la formación de la retina primero, y el globo ocular después, que hace hernia bajo la piel del rostro (Oc) (figs. 105, 106, 111 y 112). Dicho epiblasto ocular contribuye también a atraer desde la boca primitiva una evaginación de ectodermo, que es el *conducto lagrimal* que llegó ante el ojo para formar la *cámara lagrimal* (Cam) (figs. 105 y 106) y después continúa influyendo para constituir la *glándula lagrimal* (GL) (fig. 106). De esta suerte queda esbozado el APARATO LAGRIMAL para funcionar en el adulto, haciendo que la glándula lagrimal segregue la lágrima en la cámara lagrimal (Cam) y que después sea

conducida a la fosa nasal mediante el conducto de drenaje (fig. 106). Notemos, por último, que la cámara lagrimal se abrirá al exterior al quedar separados los párpados, los cuales, durante el desarrollo, suelen estar cerrados y conglutinados [20].

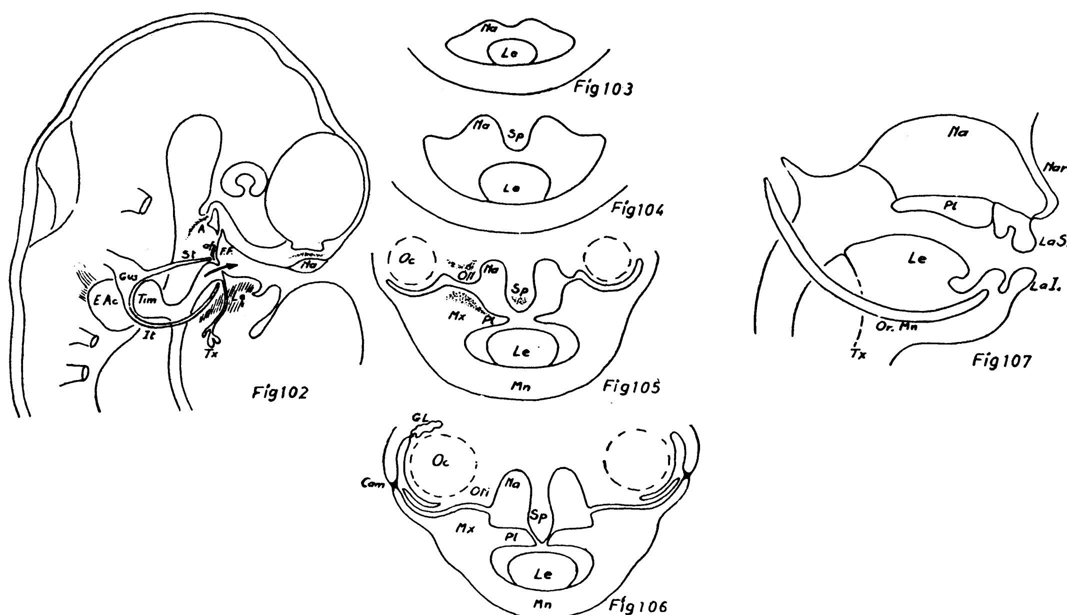
Mientras tanto, el organizador nasal y el organizador ocular han establecido ciertos desplazamientos y fusionamientos mutuos, dando lugar a nuevas zonas organizadoras intermedias. Así tenemos el organizador *oculonasal*, que formará la yema *oculonasal* (ON) (figs. 105, 106, 110 y 111). Está también el *organizador septal*, que hará que se forme y crezca el llamado *septum nasal* (Sp) (figuras 105, 106 y 111), que separa las dos fosas nasales. Tenemos, por último, el *organizador maxilar*, que dará lugar a la *yema maxilar* (Mx) (figs. 105, 106, 110 y 111). Estas tres zonas organizadoras, al crecer, contribuirán a la formación de la cara del adulto.

La yema oculonasal (ON) y la maxilar (Mx) se reúnen y fusionan a nivel del conducto lagrimal, al que respetan (fig. 106). La yema maxilar, además, se prolongará medialmente mediante el *paladar* (Pl), que se fusiona a nivel de la línea media con el del lado opuesto y con el septum nasal (Sp), que también ha crecido hacia abajo. Así se independizan las fosas nasales de la cavidad bucal definitiva. A las fosas nasales, además, va a drenar el conducto lagrimal.

La separación entre la cavidad bucal y las fosas nasales corresponde al paladar (Pl), como ya se ha indicado (figs. 106 y 111). Deben quedar, sin embargo, por delante, amplios orificios de comunicación con el exterior. A este fin, crece ante las fosas nasales el llamado espolón nasal, que dará lugar fundamentalmente a la nariz (Nar) (fig. 111); el espolón nasal muestra, después, la perforación de las ventanas nasales (fig. 112). Más tarde, se establece el crecimiento de las encías y de los labios, para limitar así el orificio bucal.

La *encía inferior* se forma inducida por el crecimiento del organizador mandibular (Or-Mn) (fig. 107), ya conocido en forma de barra rígida. La *encía superior*, en cambio, se forma a partir del crecimiento del mismo espolón nasal. Los *labios* se forman después, apareciendo primero el inferior (La I) y después el superior (La S) (fig. 112), coincidiendo esto con la emigración de la musculatura facial desde el segundo arco branquiógeno,

[20] Sobre inducciones experimentales en la boca: ADAMS (1924, 1931).



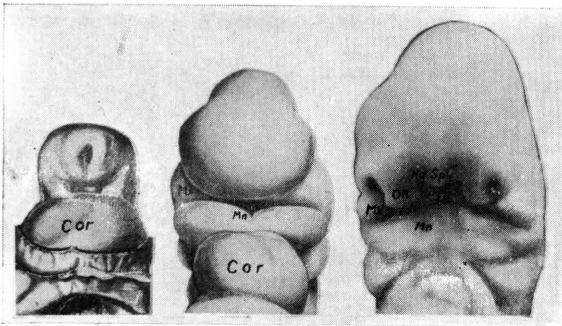


FIG. 108 FIG. 109 FIG. 110

que, como sabemos, fue desplazándose bajo la piel hasta llegar al orificio bucal y, por lo tanto, a los labios, en cuyo espesor se encuentra. Es de puntualizar que el labio superior, creciendo por cada lado, aprisiona en la línea media a una *prolongación infranasal* (I Na) que crece desde la nariz. Por eso, en el labio superior se distinguen tres brotes diferentes de origen.

La *cara* queda de esta suerte constituida, debiendo de tenerse siempre en cuenta el orden sucesivo y aparición de los distintos brotes inducidos y el orden de su soldadura.

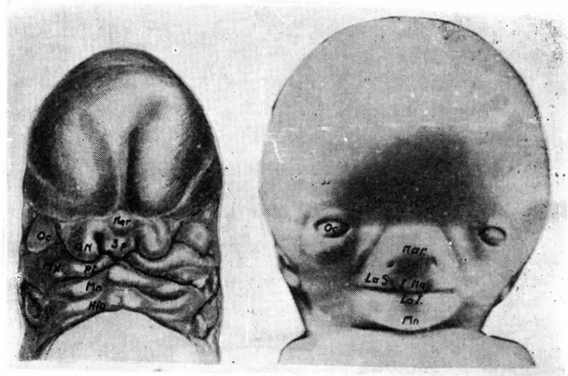


FIG. 111 FIG. 112

Un trastorno en la cronología de aparición de los brotes y en la realización de las soldaduras, da lugar a deformaciones de la cara, traducibles casi siempre a grietas que impiden la delimitación definitiva de las distintas cavidades y orificios que componen la cara. Su estudio concreto se escapa de esta lección, la cual sólo debe aportar las bases de desarrollo necesarias para su conocimiento en el estado adulto, normal o con deformaciones.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ESTOMODEUM = BOCA PRIMITIVA. Amígdalas. Nervio gustativo. Ganglio gustativo = Ganglio geniculado. Nervio supratimpánico. Nervio infratimpánico. Bolsa adenohipofisaria. *Fosa nasal.* Cámara palpebral. Yema maxilar. Lengua. Paladar. Septum nasal. Labio superior. Labio inferior. Nariz. Eminencia infranasal. *Cara.*

CAPÍTULO 17

ESQUELETO PRIMITIVO. FASE FIBROCARTILAGINOSA

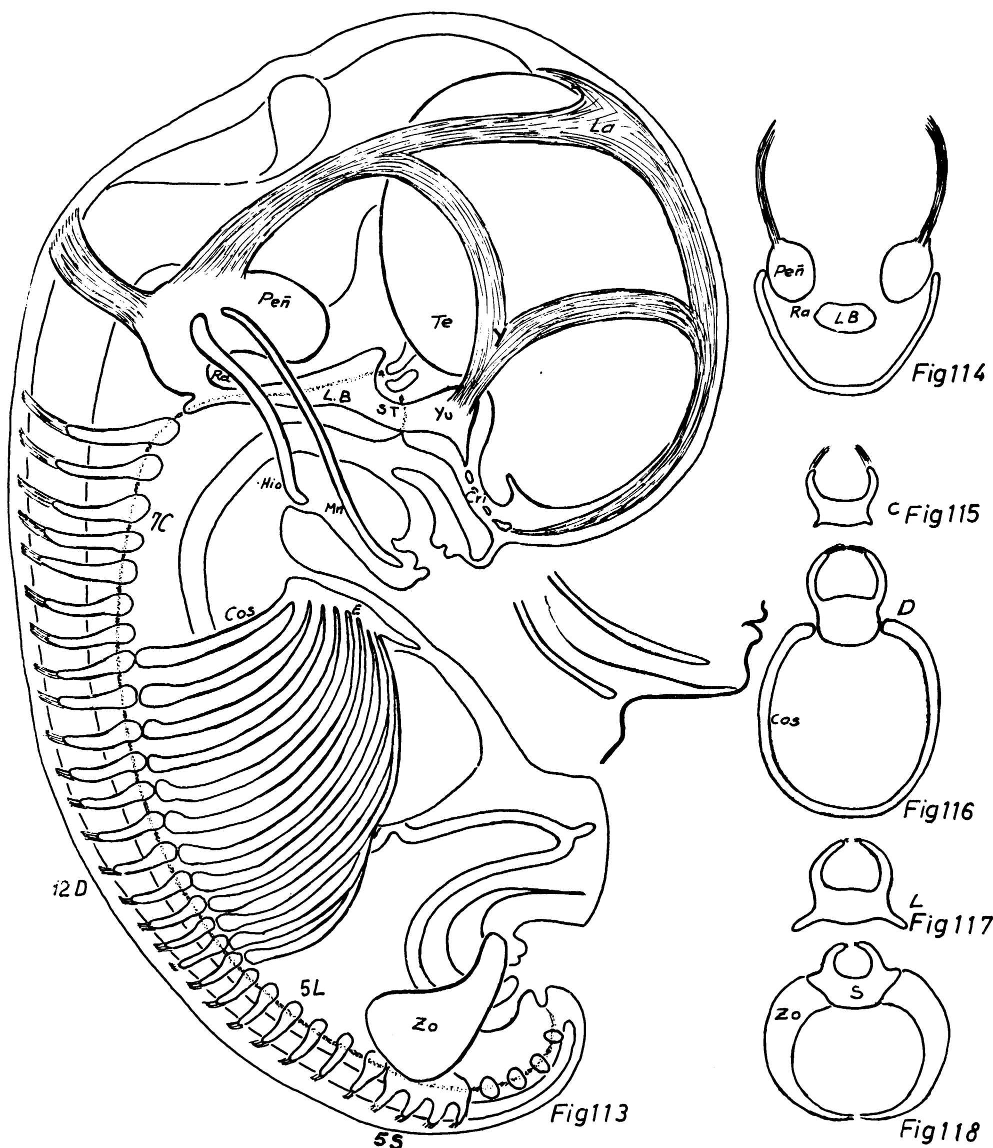
El esqueleto empieza a formarse cuando el embrión ha adquirido un tamaño suficiente y necesita sostén. Los organizadores epiblásticos son los que dirigen su formación, siendo ésta su última misión, la que realizan ya casi agotados, permitiendo que el mesénquima circundante los invada y se condense a su alrededor, constituyéndose así núcleos mesenquimatosos capaces de sostener, representantes del ESQUELETO PRIMITIVO.

La *notocorda* fue realmente la primera representación del sostén, al mismo tiempo que indujo la formación del tubo digestivo y la del tubo nervioso. Hay partes de notocorda que han inducido más activamente; dichas zonas son las que corresponden a los niveles intersomíticos, siendo éstas, por lo tanto, las que primero se agotan y se infiltran de mesénquima, esqueletizándose. Estos infiltrados de mesénquima que rodean la notocorda se hacen, pues, a nivel de los espacios intersomíticos (fig. 113), pudiendo por lo tanto distinguir *7 núcleos mesenquimatosos cervicales* (7 C) (correspondientes a los 7 espacios intersomíticos cervicales). Por el mismo motivo podremos considerar *12 núcleos mesenquimatosos dorsales* (12 D), *5 núcleos mesenquimatosos lumbares* (5 L), *5 núcleos mesenquimatosos sacros* (5 S) y algunos *núcleos mesenquimatosos coxígeos.* Así quedaría constituida, por superposición de núcleos mesenquimatosos, *la columna vertebral primitiva.*

La notocorda, en su parte más cefálica, se difumina al formarse aquí tan gran cantidad de organizadores sensoriales (ya estudiados en lecciones anteriores). Por eso, la notocorda aquí se envuelve de mesénquima, formándose la llamada *lámina basilar* (LB). Más adelante, sigue la condensación mesenquimatosa para rodear la hipófisis, constituyendo la *silla turca* (ST), silla turca que, aparte de dejar la hipófisis por encima, mantiene prendida por debajo la faringe (F), formando la fosita faríngea. Respecto de los demás organizadores, hemos de considerar lo siguiente: el organizador olfatorio, al ser invadido por mesénquima en su agotamiento, formará la llamada *lámina cribosa* (Cri), que respeta el paso de los nervios olfatorios. El organizador visual, una vez agotado, forma en parte el llamado *yugo* (Yu), sobre el cual descansa el telencéfalo (Te) en su expansión y crecimiento [21]. El organizador estático y acústico, una vez que indujo la formación de la vesícula estática y caracol con todos sus detalles, sufrió la invasión mesenquimatosa, esqueletizándose y convirtiéndose en *peñasco* (Pen). Todas las formaciones esqueléticas indicadas: lámina basilar, silla turca, yugo y lámina cribosa, están unidas entre sí, constituyendo la llamada *base del cráneo;* a estas formaciones se une también el peñasco formando un puente de mesénquima con la lámina basilar, que limita por delante una ranura o agujero para el paso de vasos y nervios, entre los que debemos de recordar los manojos de nervios de los arcos branquióge-

---

[21] A propósito del organizador olfativo agotándose al formar la lámina cribosa y del organizador visual retroocular agotándose al formar el yugo, estudia ADELMANN (1933) los trastornos de esta región como causa de la ciclopia.



nos y el parasimpático cefálico, ya conocidos [22]. Es el llamado *agujero rasgado* (Ra).

El esqueleto continúa formándose por invasión del mesénquima en los organizadores que quedan en el organismo por enumerar; así: el organizador mandibular, una vez cumplida su misión, formó la *barra mandibular* (Mn) por invasión de mesénquima. Lo mismo decimos del organizador del segundo arco branquiógeno que formó una barra esquelética, que en el adulto recibe el nombre de *arco hioideo* (Hio). Arco mandibular y arco hioideo conforman el cuello en el adulto, estando el arco hioideo en la zona de cuello que marca el surco reflejo de tránsito hacia la cabeza.

Al desplazarse los somitas dorsales y lumbares para constituir la musculatura de las paredes del tórax y del vientre, fue arrastra-

[22] Los primeros conocimientos sobre el desarrollo de la base del cráneo se centran en las reconstrucciones de LEWIS (1920) y MACKLIN (1921), principalmente. Estos trabajos siguen orientando hoy día para ampliar conocimientos sobre la materia. Los componentes de la base del cráneo se fusionan con arreglo a criterios de inducciones recíprocas de las formaciones que soportan (KUMMER, 1952).

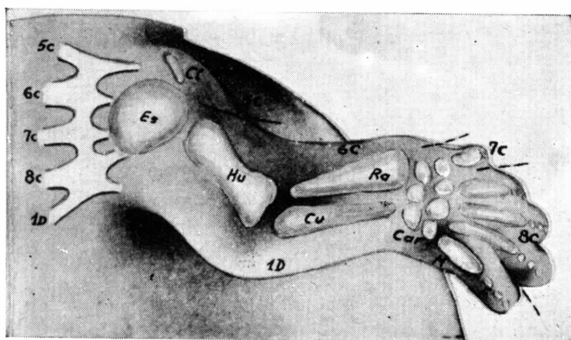


FIG. 120

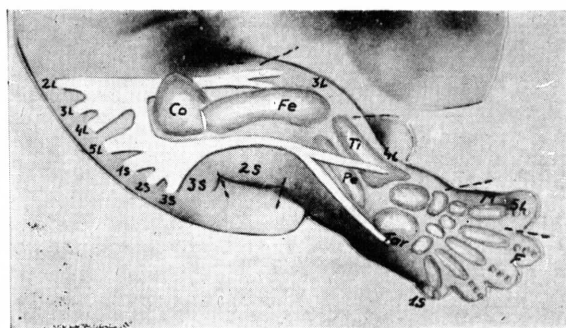


FIG. 121

do a la vez tejido inductor intersomítico, el cual se depositó en arcos para establecer su función inductora. Cuando estos inductores se agotan y esqueletizan, forman las *costillas* (Cos) mesenquimatosas, costillas en número de 12, pero llegan muy pocas a unirse por delante y cubrir el corazón; por eso se completa el cierre aquí merced a una nueva condensación mesenquimatosa del *esternón* (E) que las prolonga. En la región sacra, al formarse la extremidad inferior, quedó el inductor *zona* (Zo), que al esqueletizarse forma arco completo alrededor de las vísceras pelvianas, recordando así a los arcos costales.

Los núcleos que forman los cuerpos vertebrales se prolongan hacia atrás mediante unos arcos que rodean el tubo nervioso, llamándose por tanto *arcos neurales*, arcos esqueléticos mesenquimatosos que aprovechan para su expansión las zonas intersomíticas inductoras agotadas.

Respecto de las extremidades, sus inductores ya agotados cumplen la última misión de ser invadidos esqueléticamente por el mesénquima; así: en la extremidad superior el AUTÓPODO se infiltrará de esqueleto mesenquimatoso para formar la raíz de la mano o *carpo* (Car), su expansión o *metacarpo* (M) y su terminación digital mediante las *falanges* (F). El ESTILÓPODO formará el esqueleto del *húmero*. El ZIGÓPODO dará lugar al esqueleto del *radio* y *cúbito*, y la ZONA a la *escápula* (Es) y *clavícula* (Cl). En la extremidad inferior encontramos una disposición análoga: el AUTÓPODO forma la raíz del pie o *tarso* (Tar), su expansión o *metatarso* (M) y su terminación digital o *falanges* (F); el ZIGÓPODO constituirá la *tibia* (Ti) y el *peroné* (Pe); el ESTILÓPODO formará el *fémur* (Fe). La ZONA, por último, que formó arco visceral, constituye el hueso *coxal* (Co) (figs. 120 y 121).

Todas estas formaciones esqueléticas resultan de la condensación de un mesénquima que en seguida se convierte en tejido cartilaginoso; así ya tienen cierta consistencia esquelética para mantener la forma del cuerpo; sin embargo, el cartílago crece poco; por eso, el crecimiento se ha de hacer a expensas del tejido matriz que queda entre las piezas cartilaginosas referidas. El tubo nervioso, al crecer tanto y formar el encéfalo, necesita un sostén, pero éste no puede ser precisamente cartilaginoso porque dificultaría su estado expansivo de crecimiento. El primer sostén expansivo del encéfalo lo forman dos ligamentos: el llamado *ligamento lambda* (La), que lanzado desde la lámina cribosa se divide en dos ramas a cada lado de la línea media, para terminar en los peñascos; el otro ligamento es el *yugo* o en «Y», que parte del mismo yugo (Yu) y se divide en dos ramas para unirse a las del ligamento lambda y constituir así un cestillo de sostén, que permite la expansión encefálica interior (fig. 113).

De esta suerte, el esqueleto del individuo se dispone esquemáticamente en una COLUMNA CENTRAL, que en la cabeza es la *base del cráneo* y que en el resto del cuerpo es la *columna vertebral*. De esta columna central parten dorsalmente ARCOS que envuelven el tubo nervioso; son los ARCOS NEURALES, arcos neurales que en la columna vertebral son cartilaginosos, pero que en la cabeza son los

ligamentos *lambda* y en «Y» indicados. De la columna central, ventralmente, se forman los ARCOS VISCERALES, los cuales en el tórax forman las *costillas;* a nivel de la raíz de la extremidad inferior se forma un resistente arco pelviano; a nivel de la cabeza constituyen el *arco mandibular* y el *arco hioideo.* NÚCLEO CENTRAL, ARCO NEURAL y ARCO VISCERAL tienen su representación más o menos completa en todas las alturas del cuerpo, tanto en la cabeza (fig. 114), en la región cervical (fig. 115), en la región dorsal (fig. 116), en la región lumbar (fig. 117) y, por último, en la región sacra, donde arranca la extremidad inferior (fig. 118). Tal disposición esquelética en columna central, arco neural y arco visceral constituye la llamada *vértebra tipo*,[23] base del *esqueleto axil.*

[23] Para ampliar conocimientos resultan útiles algunos antecedentes sobre la *vértebra tipo.* Ver GAUPP (1898), GEGENBAUR (1888)...

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ESQUELETO PRIMITIVO = ESQUELETO FIBROCARTILAGINOSO. ESQUELETO AXIL, primitivo. ESQUELETO CEFÁLICO, primitivo. ESQUELETO APENDICULAR. *Organizador apendicular.* Lámina basilar. Peñasco primitivo. Agujero rasgado. Yugo. Lámina cribosa. Ligamento lambda. Ligamento yugo, alar o ligamento en «Y». Cartílago mandibular o de Meckel. Cartílago hioideo o de Reichert. VÉRTEBRA TIPO. Cuerpo vertebral. Arco neural. Arco visceral. *Autópodo. Zigópodo. Estilópodo. Zona.*

CAPÍTULO 18

ESQUELETO EN DESARROLLO. MATRICES DE CRECIMIENTO ESQUELÉTICO. HUESOS Y ARTICULACIONES

El esqueleto que se forma para soportar la organización embrionaria, hemos visto que aparece primero como condensaciones mesenquimatosas, la mayor parte de las cuales pasan en seguida a cartílago, que es un tejido de más consistencia; de estado de cartílago se pasa al estado de HUESO, donde la consistencia llega al máximo. El hueso, sin embargo, debe ofrecer menos vitalidad que el cartílago y éste menos que el mesénquima; por lo tanto, cuanto más consistente es el esqueleto, menos capacidad de crecimiento debe mostrar. De aquí que se dispongan a la par las llamadas *matrices de crecimiento*, que van a compenetrarse con las formaciones esqueléticas de poca vitalidad. Dichos crecimientos se manifiestan en todos territorios: en los núcleos de los cuerpos vertebrales, en los arcos, en todos sus equivalentes de vértebra tipo y en el eje de los huesos largos.

Los núcleos vertebrales que se encuentran en estado cartilaginoso han ahogado la notocorda (No) (fig. 125), pero dejan entre ellos parte de notocorda activa aún. Esta parte de notocorda (No) (fig. 122) y de epiblasto por lo tanto, induce alrededor del núcleo cartilaginoso de la futura vértebra una capa de *pericondrio*, capaz de proporcionar más tejido y por lo tanto de servir de matriz de crecimiento (Mx) (fig. 122). Dicho pericondrio es más grueso en la zona destinada al crecimiento en longitud; en cambio, es más fino en la zona destinada al crecimiento en grosor; por ello, la actividad del pericondrio será mayor en sentido de la longitud del eje que en el de grosor.

Las extremidades ofrecen su esqueleto cartilaginoso en forma de núcleos alargados, los cuales están también recubiertos de pericondrio, que se confunde con restos de epiblasto inductor todavía activo. El pericondrio de los núcleos cartilaginosos de las extremidades es también más grueso en los extremos (Mx) (fig. 123) que en las partes laterales (Mxp), pues su crecimiento debe de hacerse mucho más en longitud que en grosor.

En la cabeza, el crecimiento que se produce tiene que resolver el problema de dejar que el *telencéfalo* crezca todo lo que necesita hasta alcanzar el tamaño de *cerebro* del adulto. Por eso (fig. 124) el ligamento «lambda» y el ligamento en «Y», que parten respectivamente del peñasco (Pen) y del yugo (Yu), muestran capacidad epiblástica, como correspondió primitivamente a las formaciones cartilaginosas donde se implantan. Esta capacidad se expresa como matriz de crecimiento de dichos ligamentos (Mx), no sólo en longitud, ampliando las mallas del cestillo que forman, sino también en grosor, con lo cual van dejando tejido a las mallas de este cestillo, haciéndolas cada vez más cerradas.

Las matrices de crecimiento indicadas tie-

nen que resolver el problema del confrontamiento de las piezas esqueléticas contiguas y, por lo tanto, contribuir a que se forme la ARTICULACIÓN.

En los núcleos vertebrales el confrontamiento se resuelve con superficies planas, lo cual se consigue porque la matriz de crecimiento ofrece su máxima actividad a ambos lados (pero siempre dentro de la superficie que va a confrontarse) (fig. 122), lo cual motivará el que su matriz paramedial no solamente enriquezca de tejido al núcleo cartilaginoso de la vértebra que envuelve, sino que también crezca por el lado opuesto y forme la esquina complementaria (Esq) destinada a conseguir superficie plana continua de confrontamiento.

En el esqueleto cartilaginoso de las extremidades, la matriz de crecimiento de sus cabos (Mx) (fig. 123) crece también por ambas caras, con lo cual no sólo permitirá el crecimiento en longitud del esqueleto, sino que proporcionará una superficie de confrontamiento articular con otra análoga que se vaya a formar en la pieza contigua.

Toda *articulación constituida* por el confrontamiento de piezas esqueléticas que crecen debe permitir movimientos y unión a la vez. En las extremidades, esta unión se va a hacer mediante *superficies articulares* libres en cada pieza ósea, para lo cual se forma entre ambas superficies una cavidad rellena de líquido lubrificante o *sinovia* (Sv) (fig. 123), encerrado sin escape posible merced a la membrana sinovial, que tapiza el interior articular adaptándose a la superficie de confrontamiento y quedando arrugada en las zonas de tránsito para dar de sí en los desplazamientos, que aquí tienen que ser bastante amplios. Este tipo de articulación, que permite amplios movimientos y que ofrece para ello una cavidad articular libre y lubrificada, recibe el nombre de DIARTROSIS.

En las diartrosis la cavidad articular puede ofrecer diversos aspectos de los que dependerá la cualidad y amplitud del movimiento. En relación con esto distinguimos: las *enartrosis*, cuya interlínea articular es esférica, permitiendo en consecuencia toda clase de movimientos, como flexión, exten-

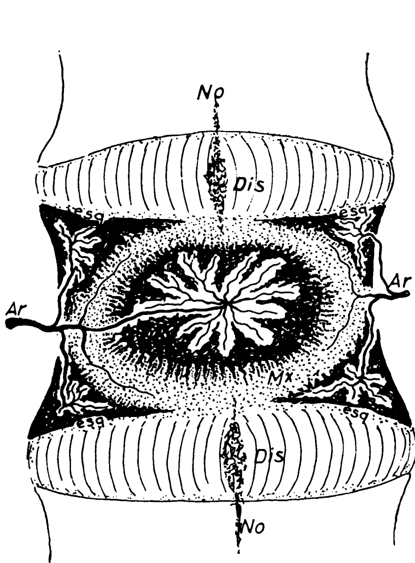


FIG. 122

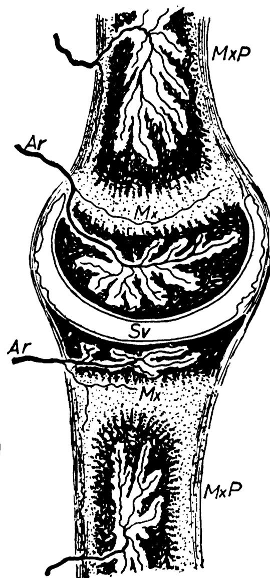


FIG. 123

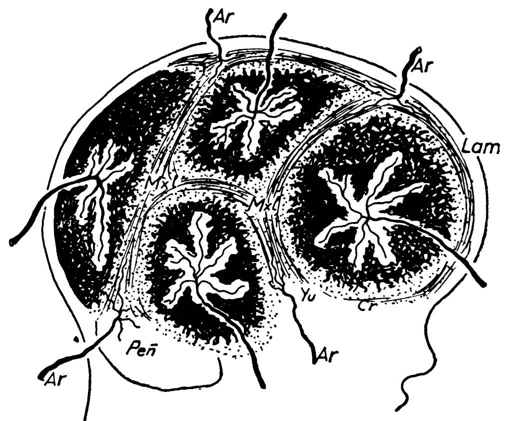


FIG. 124

LEYENDA COMÚN DE LAS FIGS. 122 a 124. — Arterias (Ar). Lámina cribosa (Cr). Disco intervertebral (Dis). Esquina de osificación complementaria de los cuerpos vertebrales (Esq). Ligamento lambda (Lambda). Matriz de crecimiento en longitud (Mx). Matriz ligamentosa de la bóveda craneal (Mx L). Matriz periostio para crecimiento de los huesos largos en grosor (Mx P). Notocorda (No). Peñasco (Peñ.) Cavidad sinovial (Sv). Yugo (Yu).

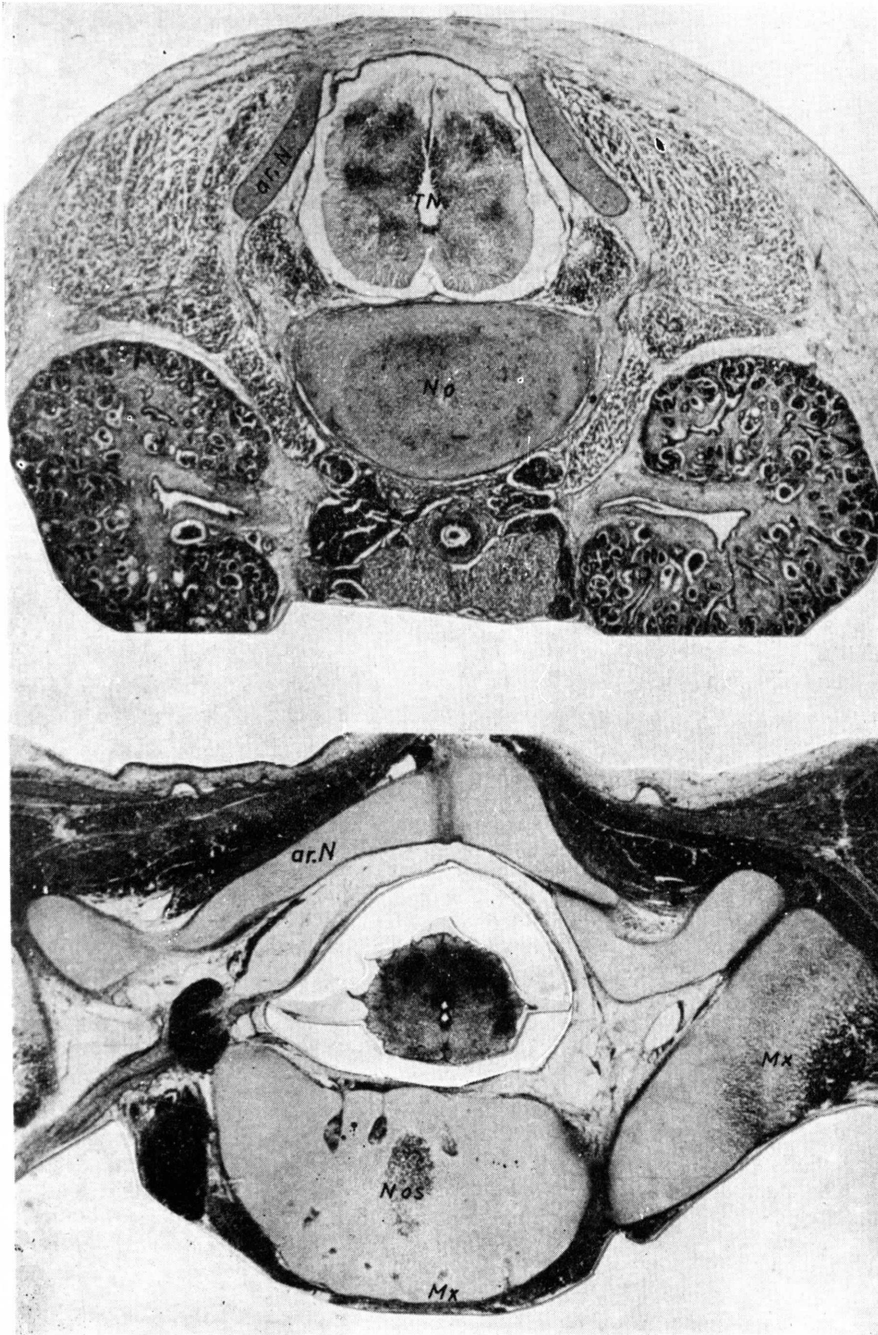


Fig. 125. — Notocorda (No), ahogada por un núcleo esquelético vertebral en estado cartilaginoso. Arco neural (ar N) de la vértebra abrazando al tubo nervioso (TN).

Fig. 126. — Vértebra cartilaginosa y costilla invadidas por núcleos de osificación (Nos). Nótese periféricamente a la vértebra, su matriz de crecimiento (Mx). Idem en la costilla.

sión, aproximación, separación, así como el resumen de éstos, que es el de circunducción, sin olvidar tampoco el movimiento de rotación. Las articulaciones *condíleas,* cuya interlínea es un esferoide, lo cual limita los movimientos de rotación fundamentalmente. Las articulaciones en *encaje recíproco,* cuya interlínea es un ángulo entrante donde las superficies se continúan suavemente en forma de silla de montar, lo cual permite los mismos movimientos indicados de las anteriores articulaciones pero aún más delimitados. Las articulaciones *trocleares,* cuya interlínea es una polea que permite solamente dos movimientos opuestos, como es la flexión y la extensión, o bien la aproximación

Fig. 127

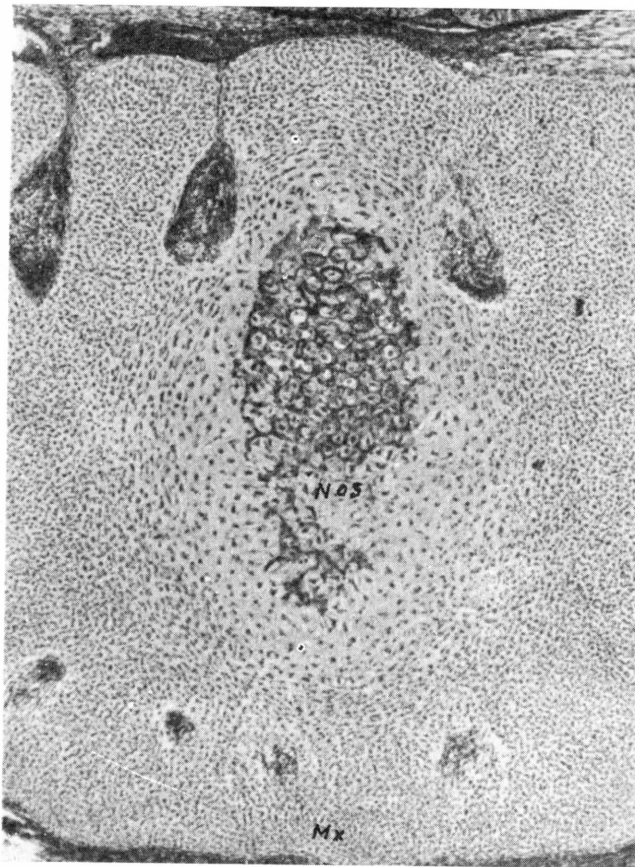


Fig. 128

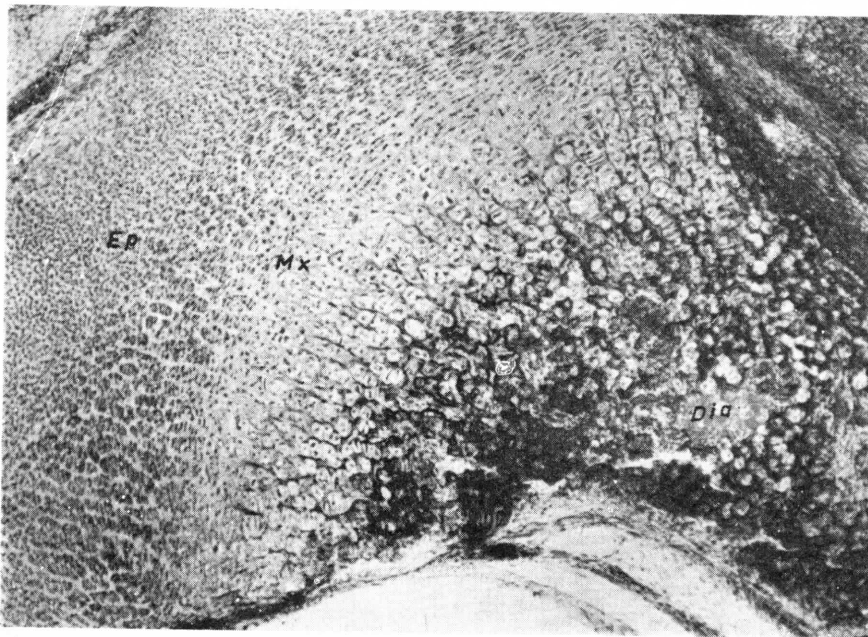


Fig. 127. — Mayores aumentos de la vértebra de la figura anterior. Núcleo de osificación (Nos). Matriz de crecimiento (Mx).

Fig. 128. — Mayores aumentos de la costilla de la figura anterior. Núcleo de osificación (Dia). Matriz de crecimiento (Mx). Epífisis (Ep).

6

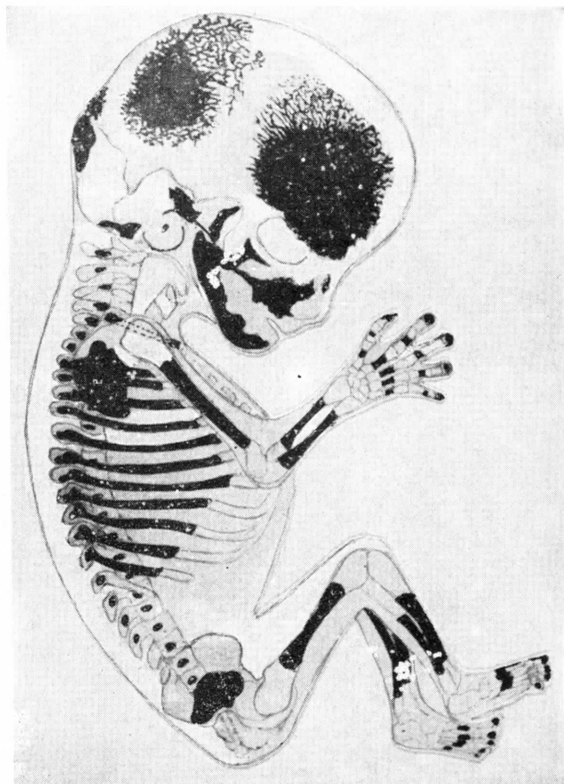


FIG. 130. — Embrión humano de 33 mm con los núcleos de osificación existentes en este período.

y la separación. Las articulaciones *trocoides,* cuya interlínea es cilíndrica y permite solamente movimientos de rotación. Por último, la articulación *artrodia,* cuya interlínea es plana y permite sólo el deslizamiento.

Existen articulaciones que carecen de cavidad articular. Las superficies de confrontamiento suelen ser planas y unidas por un grueso disco fibroso elástico capaz de deformarse y producir así movimientos de escasa amplitud. Tal es el caso de las vértebras, cuyos cuerpos se unen de esta manera, constituyendo un tipo de articulación llamada *anfiartrosis.* Aquellas anfiartrosis capaces de forzar el pequeño movimiento que poseen, acusan en el centro de su disco interóseo un

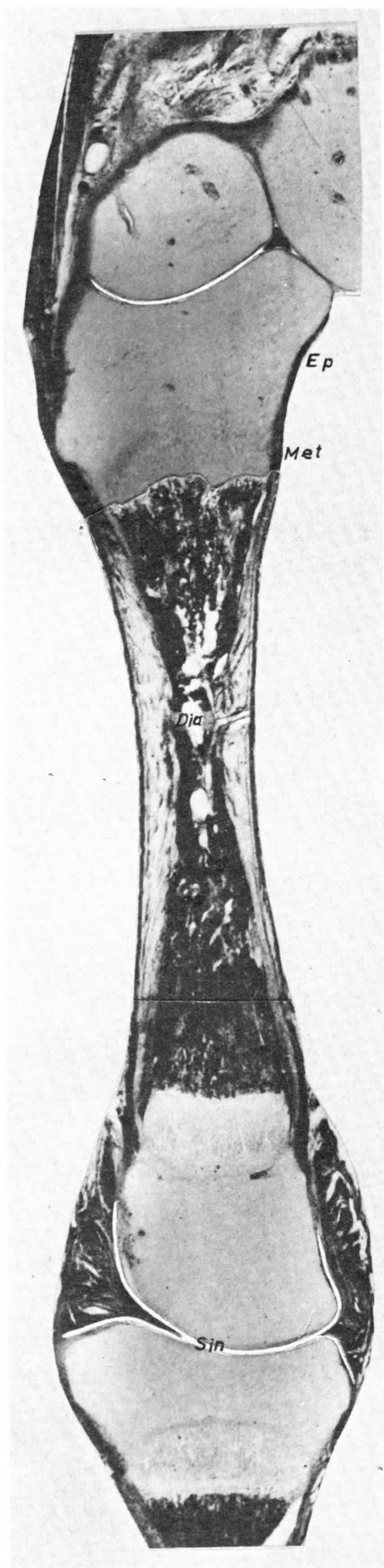


FIG. 129. — Un hueso largo y articulación osificándose. Diáfisis metacarpiana con osificación (Dia). Metáfisis con clara matriz de crecimiento (Met). Epífisis sin osificación aún (Ep). Cavidad sinovial (Sin).

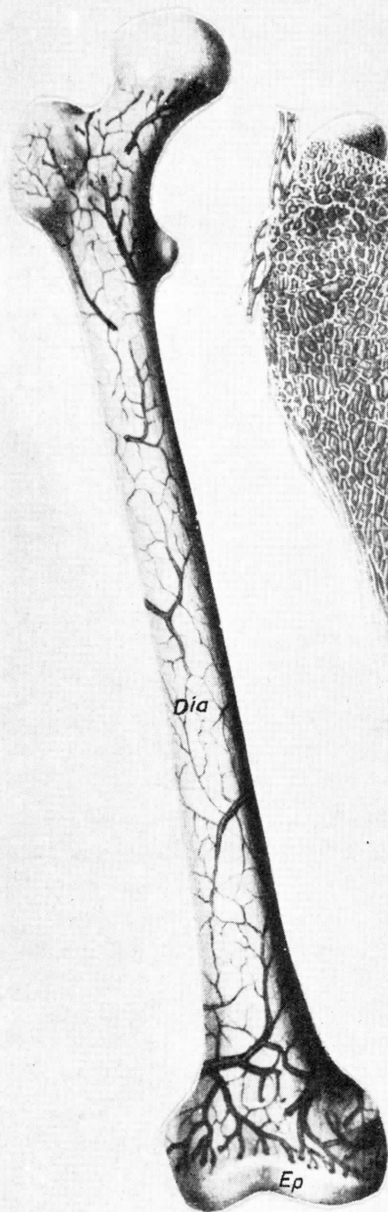
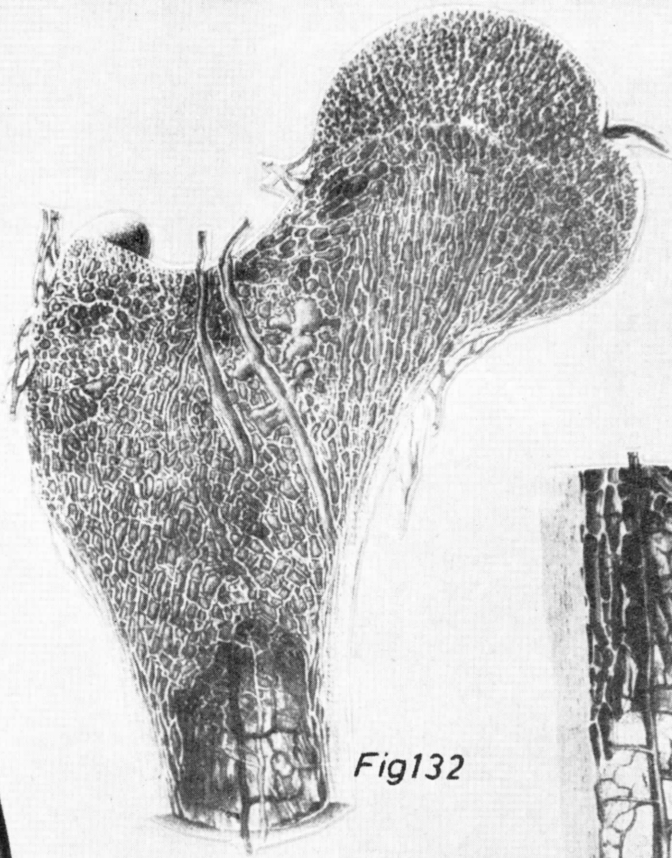


Fig 131


Fig 132

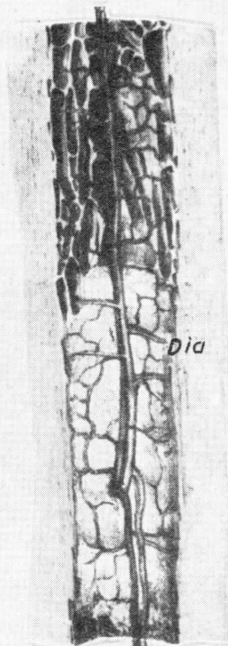


Fig 134

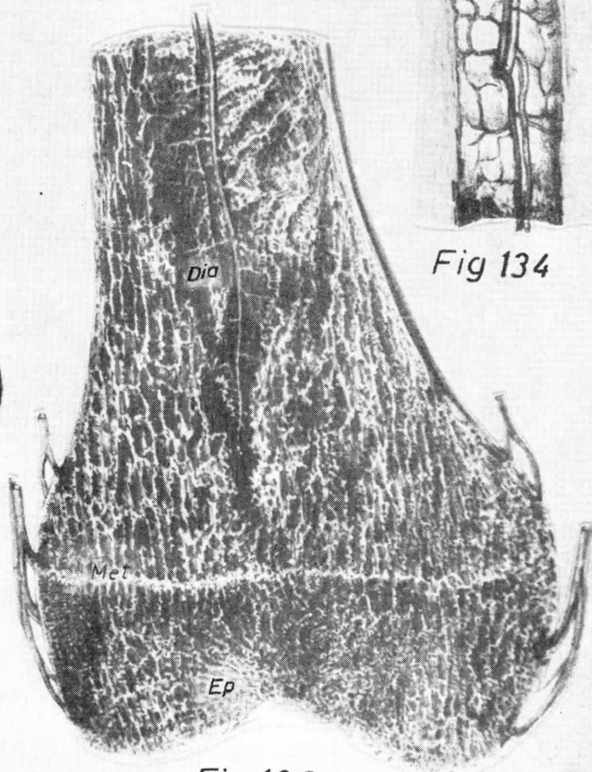


Fig 133

esbozo de cavidad sinovial que las permite comportarse como *diartro-anfiartrosis*. Por el contrario, cuando el disco es invadido por osificación procedente de cada cabo óseo, entonces la articulación pierde movimiento totalmente; entonces tenemos la *sinartrosis*.

En todas estas circunstancias, las matrices de crecimiento continúan actuando, encontrándose especialmente regadas en las zonas de máxima actividad. Por eso, hay arterias (Ar) que llegan especialmente a las matrices de crecimiento de las vértebras (figura 122); hay arterias que llegan a las matrices de crecimiento en longitud de las extremidades (fig. 123); arterias, en fin, que abordan a las encrucijadas ligamentosas «lambda» y en «Y» de la cabeza (fig. 124).

La *osificación* se produce por una invasión vascular de la parte esquelética menos regada, por lo tanto lejos de las matrices de crecimiento. Así vemos arterias que entran en el centro del cuerpo de la vértebra para irradiarse desde aquí a la periferia. Lo mismo decimos de arterias que entran en el centro del cuerpo esquelético de las extremidades y de otras arterias que abordan la parte esquelética que forma el confrontamiento de la articulación. Desde estos centros de invasión se irradian los vasos hacia la periferia, acercándose a las partes más activas de la matriz de crecimiento. Entonces empieza la osificación propiamente dicha, pues con los vasos caminan osteoblastos (derivados del mesénquima), capaces de precipitar calcio a su alrededor. Así se constituyen núcleos calcáreos que van extendiéndose y acercándose a la matriz de crecimiento, pero no la llegan a invadir mientras esta matriz continúa activa. Cuando cesa la actividad de la matriz de crecimiento, entonces la osificación la invade por un lado y por el otro, estableciéndose un todo continuo osificado.

Con la invasión de la osificación se van estableciendo lagunas sanguíneas residuales que albergan mesénquima capaz de hematopoyesis productora de glóbulos rojos y de glóbulos blancos polinucleares. Es la clásica *médula roja* de los huesos. La médula roja se mantiene en los huesos, precisamente en las zonas donde se prolonga su actividad de crecimiento. Desaparece, por lo tanto, en las zonas de hueso en que la capacidad de crecimiento se ha reducido al mínimo. Por eso, en los huesos largos desaparece la médula roja en su parte media, quedando su cavidad interior rellena de grasa o *médula amarilla*. La médula roja, en cambio, se va a los extremos del hueso, donde la actividad del crecimiento perdura. Por el mismo motivo, queda también en el espesor de los cuerpos vertebrales. Siempre rellenando las celdillas de las trabéculas óseas interiores.

El HUESO adulto se ofrece como una pieza sin matriz de crecimiento ostensible. Un hueso largo consta de una *diáfisis* o cuerpo (Dia) y de dos *epífisis* (Ep) destinadas a articulaciones. La matriz de crecimiento intermedia ha desaparecido; a veces pueden distinguirse algunos orificios vasculares como vestigio, constituyendo la llamada *metáfisis* (Met) (figs. 132 y 133).

La arquitectura del hueso en las epífisis son trabéculas derivadas de las paredes del cuerpo e irradiadas en abanico sobre las superficies articulares, dando así mayor capacidad a la transmisión de fuerzas. En las vértebras, la irradiación de las trabéculas forma líneas de fuerza a partir de sus esquinas.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ESQUELETO EN DESARROLLO. OSIFICACIÓN. Núcleos fundamentales de osificación. Núcleos accesorios de osificación. *Matrices de crecimiento*. HUESOS. ARTICULACIONES. Diploe. Líneas arquitectónicas de fuerza. Diáfisis. Epífisis. Metáfisis. Periostio. *Diartrosis*. Sinovial. Disco interóseo. Enartrosis. Condíleas. Articulaciones en encaje recíproco. Trocleares. Trocoides. Artrodias. *Anfiartrosis*. Sinartrosis. Médula roja. Médula amarilla.

CAPÍTULO 19

OTROS SISTEMAS PRIMITIVOS. SISTEMAS NEUROMUSCULARES. APARATO LOCOMOTOR. SISTEMAS DE RIEGO. SENSIBILIDAD. SISTEMA VISCERAL

Al irse constituyendo el sistema esquelético (según acaba de estudiarse), va desarrollándose a la par la musculatura somática, unida invariablemente al nervio motor, de donde recibe el impulso para contraerse, constituyendo así un *sistema neuromuscular* que se distribuye por todo el soma del adulto. Por eso, el sistema neuromuscular, que por su origen es somítico, por su distribución es somático. La musculatura ahora se individualiza en vientres y en planos carnosos que buscan atadura por sus dos cabos opuestos en zonas esqueléticas vecinas, de tal manera que su contracción determina el acercamiento mutuo de los segmentos óseos donde se ata distalmente, como si todo se tratase de un sistema de palancas. Vemos, pues, que el sistema neuromuscular está íntimamente relacionado con el *sistema esquelético,* integrando el llamado APARATO LOCOMOTOR, el cual resulta, pues, un conjunto de palancas, poseyendo todas su punto de apoyo, su potencia y su resistencia. Aquí, además, se distinguen los mismos grupos clásicos considerados en la mecánica: palancas interfulcrales, interresistentes e interpotentes, siendo estas últimas las más numerosas. Todo ello deberá precisarse en el momento oportuno.

El aparato locomotor necesita riego sanguíneo para su nutrición, lo cual se consigue a expensas de vasos que, derivando del aparato circulatorio general, se disponen en arterias que aportan la sangre y venas que la drenan. El camino de estas arterias y venas se realiza de la manera más lógica y simple para lograr su finalidad de riego; por ello suelen aprovechar el camino más corto, acompañando a los nervios en la mayor parte de su trayecto, integrando así los llamados *paquetes vasculonerviosos.* En el paquete vasculonervioso la arteria suele caminar por la parte más profunda y protegida, ocupando el centro del conjunto. Las *venas,* siempre numerosas, suelen caminar por la superficie del paquete y es muy frecuente que también se encuentren ellas solas formando sábanas en la superficie de los territorios orgánicos y, por lo tanto, bajo la piel, pues así descartan el obstáculo de la presión, que motiva el peso de los tejidos durante el retorno sanguíneo. En dicho retorno se arrastran también elementos de desecho de los tejidos, pero caso de que este desecho tenga cierto tamaño, las venas no deben de drenarlo, encargándose de ello los llamados *vasos linfáticos,* cuyo calibre es muy irregular, y el líquido circulante no es sangre, sino linfa, constituida a expensas del mismo líquido de los tejidos que drenan. Al igual que las venas, los vasos linfáticos no deben sufrir presión manifiesta desde el exterior que dificulte impulsar el contenido, por eso se dispone también en su mayoría *superficialmente,* co-

mo las venas; además tiene intercaladas estaciones para depurar las substancias de desecho que acarrean, estaciones llamadas *ganglios linfáticos* a base de tejido hematopoyético productor de elementos sanguíneos defensivos, cuya misión concreta debe estudiarse en tratados de Histología. Así queda constituido el sistema de riego sanguíneo y linfático, dispuesto a seguir fundamentalmente las necesidades nutritivas del aparato locomotor. En el cadáver es fácil reconocer al disociar, los componentes vasculonerviosos de un paquete. La arteria que suele ocupar el centro ofrece marcada consistencia a causa del grosor de sus paredes, necesario para mantener a gran presión el contenido sanguíneo. Las venas, más irregulares, ofrecen paredes más finas, que en ocasiones se desgarran fácilmente durante la disociación. Los linfáticos se detectan difícilmente al disociar el paquete vasculonervioso, sobre todo si no están inyectados previamente; además, sus paredes irregulares son aún más finas que las venas.

La organización sigue con otros sistemas, pues existen aún muchos de señalada importancia en el adulto, que ya se van esbozando en el embrión. Debemos de limitarnos a citar ahora el sistema de sensibilidad y el sistema visceral.

El *sistema de sensibilidad* que interesa ahora es el de la sensibilidad táctil recogida en la piel y conducida por finos nervios superficiales que van reuniéndose con otros y profundizando, engrosándose según se acercan al tubo nervioso, al que abocan mediante un *ganglio nervioso sensible,* propio e independiente para cada nivel metamérico, ganglio sensible formado a expensas de aquella cicatriz epineural ya conocida. Los *nervios sensibles,* siendo superficiales en su mayor parte, caminan subcutáneos con las venas y linfáticos existentes aquí tan abundantemente, y cuando estos nervios se van acercando al tubo nervioso, aprovechan el mismo camino de los nervios motores (integrantes del sistema neuromuscular). Así, nervios motores y sensibles forman un *tronco mixto,* donde los trayectos de cada nervio se conservan funcionalmente independientes.

El *sistema visceral* lo componen todas las vísceras dispuestas en un *conglomerado presomático.* Debiendo de recordar que las vísceras son órganos constituidos a su vez por diversas clases de tejido que realizan actos determinados capaces de integrar funciones nutritivas y reproductoras y que a este fin están unidas formando aparatos como el *digestivo, respiratorio, circulatorio, excretor, incretor* y *reproductor,* principalmente.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Sistema neuromuscular somítico = Sistema neuromuscular somático. Músculo. Nervio motor. APARATO LOCOMOTOR. Palancas esqueléticas. *Sistema de riego sanguíneo. Sistema de riego linfático.* Paquete vasculonervioso. Ganglios linfáticos. *Sistema de sensibilidad.* Nervios táctiles. Troncos nerviosos mixtos. *Sistema visceral = Conglomerado visceral presomático.*

CAPÍTULO 20

REFERENCIAS DEL DESARROLLO HACIA EL ESTADO ADULTO

La organización en desarrollo que venimos considerando, debemos referirla ahora al estado adulto, que es la meta última de nuestro estudio.

El ENDEREZAMIENTO (fig. 136) es lo que caracteriza al individuo adulto en actividad, tan diferente de la postura apelotonada del embrión (fig. 135) en situación pasiva. El enderezamiento se manifiesta en el adulto por el aspecto de su parte posterior o RETROSOMA. Este enderezamiento se transmite desde el retrosoma, a lo largo de la *extremidad inferior*, que apoya en el suelo. La *extremidad superior* también participa en el enderezamiento y en el apoyo indicados. El resto del cuerpo, o sea, todo el conjunto de vísceras que son los órganos para la nutrición y la reproducción y que, por su situación, forman el llamado *presoma*, influyen poco en el enderezamiento; más bien son influidos por éste. Por último, la *cabeza*, como órgano más elevado, también es influida por el enderezamiento. Comparemos independientemente cada uno de estos términos, llevando al adulto las referencias embrionarias que poseemos.

El *retrosoma* en el adulto conserva la curvatura embrionaria en el dorso (Dor) y en la región sacra (Sacr), pero además se han establecido dos curvaturas compensadoras, por lo tanto, en sentido contrario; una, en la región cervical (Cer), y otra, en la región lumbar (Lum). Así el retrosoma puede quedar verticalmente dispuesto, aunque la columna vertebral posea diversas curvaturas, las cuales, precisamente por estar compensadas, proporcionan más elasticidad en la transmisión de fuerzas (fig. 136). El enderezamiento de la columna vertebral se mantiene por acción de músculos del retrosoma, que estiran la columna por detrás, músculos procedentes de cada uno de los somitas que corresponden y, por lo tanto, inervados segmentariamente en toda su longitud.

Debe considerarse ahora la ESTÁTICA y la MARCHA, pues también son capacidades del adulto en la actividad, que si bien están localizadas en la EXTREMIDAD INFERIOR, necesitan sin embargo que previamente el individuo se encuentre enderezado. Por eso, el enderezamiento del retrosoma tiene que transmitirse en el adulto a lo largo de la extremidad inferior, la cual se aploma verticalmente hasta su apoyo plantar. En estas condiciones, la extremidad inferior puede dirigir el equilibrio en la estática o bien durante la marcha, en cuyo caso el apoyo se va realizando rítmica y alternativamente con una sola extremidad, que es la que se endereza, mientras que la otra se dobla para efectuar el avance. Para esto la extremidad inferior del embrión, dispuesta hasta ahora horizontalmente (posición metamérica), tiene que ir evolucionando con el tiempo hasta que, después del nacimiento, se pueda ir situando normalmente en vertical.

La *extremidad inferior* conserva en el adulto el mismo aspecto morfológico que en el embrión; por lo tanto, queda bien manifiesta la nalga, el muslo, la pierna y *el pie*, dis-

poniéndose su esqueleto para la transmisión del enderezamiento y formar el apoyo (figuras 137 y 138), pues el esqueleto del pie, a base de tarso (T), metatarso (M) y falanges (F), se extiende para dominar una cierta base de sustentación. El esqueleto de la pierna, a base de la tibia (Ti) y el peroné (Pe), el del muslo, con el fémur (Fe), y el de la cadera, con el hueso coxal (Co), forman la línea vertical para la transmisión de enderezamiento desde la misma columna vertebral. Por otra parte, las musculaturas y los nervios conservan la metamería, pudiendo comprobar que el «5 L» y el «1 S», el «2 S» y el «3 S», conservan su posición relativa en el adulto, a pesar de haber variado tanto la situación conjunta del miembro. Además, están naturalmente inervados estos somitas por un manojo común a base de las raíces correspondientes, que se reúnen en aquel llamado plexo lumbosacro (LS) y que constituye un sistema de nervios y de músculos para el apoyo y el enderezamiento. Por lo que se refiere a los restantes somitas «2 L», «3 L» y «4 L», los vemos inervados por el manojo o plexo lumbar (L) que integra el sistema neuromuscular para la marcha.

El individuo adulto ya enderezado, durante la estática o en la marcha puede manifestar por fin capacidades de máxima categoría. Es una CAPACITACIÓN FINALISTA que se expresa en la EXTREMIDAD SUPERIOR y más concretamente en la *mano*. La mano es realmente capaz de expresar nuestra inteligencia y nuestro conocimiento merced a su enorme capacidad *manipulante*, ampliada por las capacidades que presta el antebrazo, brazo y hombro. Notemos además que la extremidad superior en general, en plena manipulación inteligente, puede participar ayudando al apoyo, al equilibrio, a la marcha en fin, e incluso dar al enderezamiento nuevos matices mediante actos de la trepa, abrazamiento, etc., que la extremidad superior específicamente es capaz de realizar. Su organización no se aparta apenas de la básica tomada del embrión; por eso, en el adulto (figuras 137 y 138), notemos el hombro, brazo, antebrazo y mano, mantenidos por el esqueleto que le corresponde, ya conocido, y ocupado por el sistema neuromuscular, conocido también, a base del «5 C», «6 C», «7 C», «8 C» y «1 D», que proporciona la musculatura, así como el plexo braquial (Br), que proporciona la inervación.

Después de estas importantes organizaciones, capaces de expresarse en el adulto tan directamente, debemos de considerar ahora otras organizaciones con menos capacidad de expresión funcional inmediata, pero no menos reales e importantes por cuanto que desarrollan funciones de los más precisos matices. Se trata de las funciones NUTRICIÓN y REPRODUCCIÓN, encomendadas a las agrupaciones viscerales presomáticas, cuyo substrato recibe por tanto el nombre de PRESOMA. Más categoría aún debemos na-

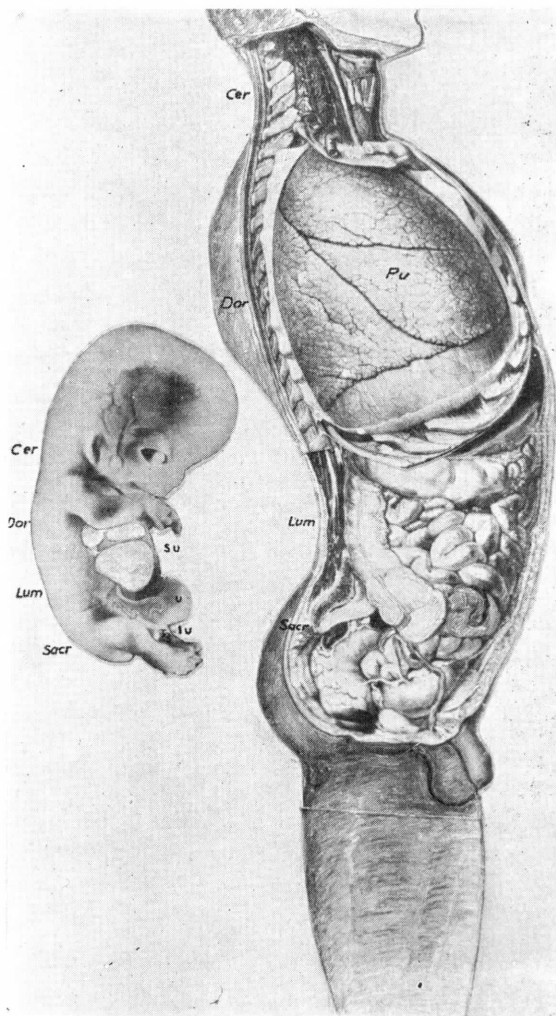


Fig. 135 Fig. 136

turalmente de conceder al substrato del CONOCIMIENTO, correspondiente a la cabeza.

El *presoma* es influido por el enderezamiento, con lo cual las vísceras tienen que expansionarse en longitud, debiendo destacarse ampliamente varias regiones, como son: el *tórax* (figs. 135 y 136), por estar demarcado sobre el esqueleto costoesternal, que forma una caja de protección. El *abdomen,* que se extiende con una amplia parte *supraumbilical* (Su), una parte umbilical u *ombligo* (U) propiamente dicho, y una parte *infraumbilical* (Iu), la cual, por debajo, llega hasta el llamado *gubernáculo genital* (TG), correspondiendo este tubérculo a un repliegue inferior del cordón umbilical (véase figuras 19, 20, 21 y 23), que en el embrión formaba la línea primitiva (LP). El *periné,* que se extiende desde el tubérculo genital hasta la última vértebra, formando una pared de desembocadura de los conductos que en el embrión integran la cloaca, como la uretra, el ano, así como los conductos de WOLFF y de MÜLLER, que corresponden al espolón intermedio. Tengamos presente que,

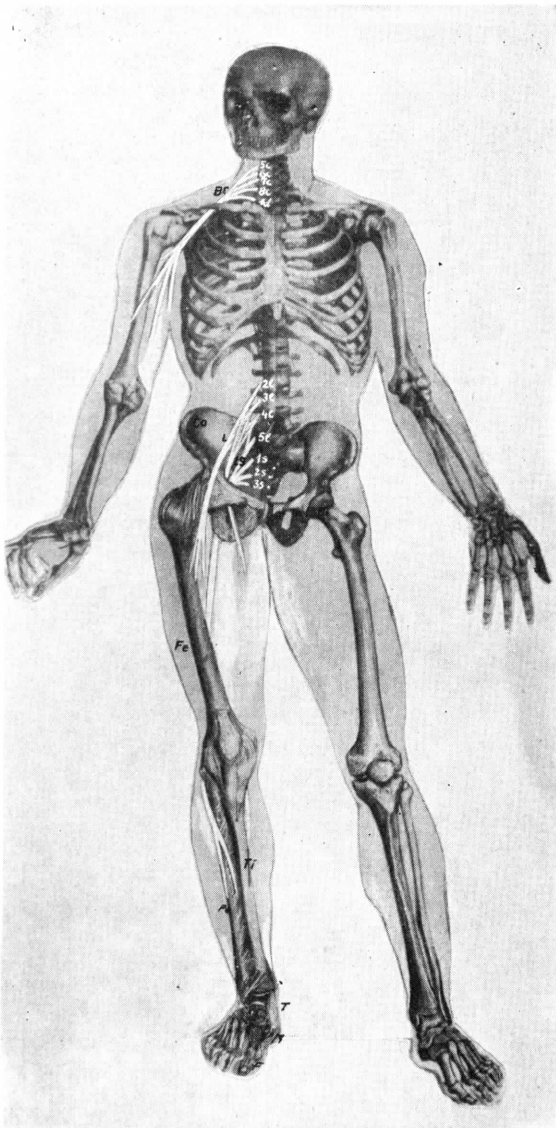


FIG. 137

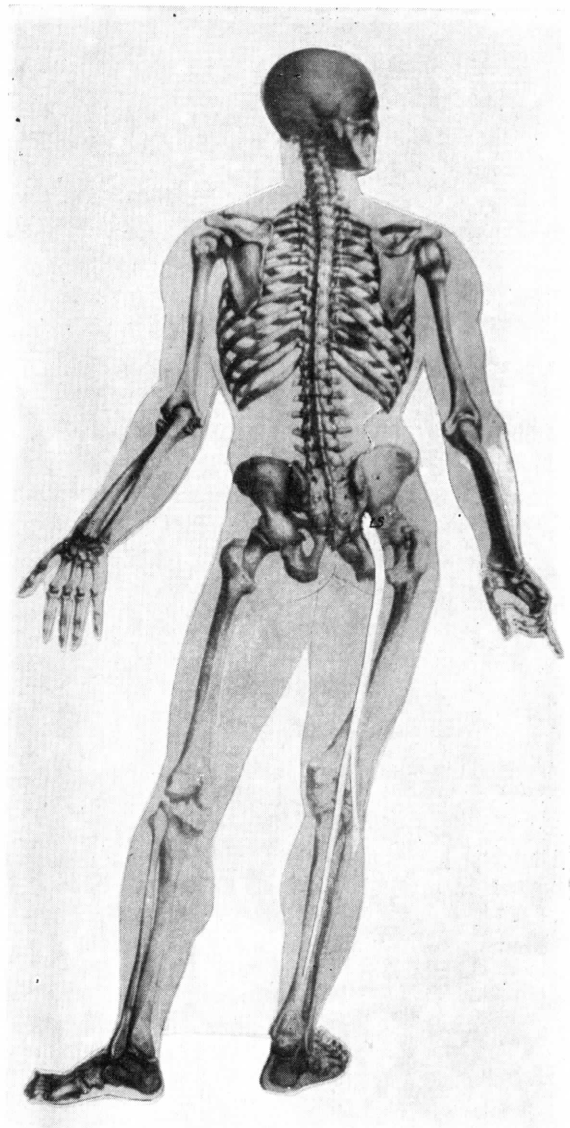


FIG. 138

tanto el tubérculo genital como la desembocadura de estos conductos del espolón, han sufrido un desarrollo desde el tercer mes intrauterino, que establece la diferenciación sexual masculina o femenina, cuyo estudio deberá hacerse más adelante. Por lo que se refiere al abdomen ya indicado, tan amplio en el adulto, consideramos que el intestino puede aquí aumentar mucho en longitud y formar todas las asas intestinales necesarias para que la digestión se realice correctamente. La expansión del vientre del adulto en comparación con el del embrión, obedece en parte, pues, al extraordinario desarrollo de las asas intestinales (fig. 136), a partir de aquella asa primitiva tan exigua (fig. 135). En cuanto al tórax ya indicado, su desarrollo mayor en el adulto ha permitido un apropiado desarrollo de los pulmones (Pu), que cubren al corazón. El gran desarrollo de estos pulmones, comparándolos con los sacos pulmonares primitivos, obedecen a su nueva función en el recambio de gases atmosféricos, tan necesarios, que establece la respiración, función que obliga a que el corazón destaque a su vez zonas especializadas para la circulación pulmonar, sufriendo tabicamientos a lo largo del desarrollo para formar cavidades independientes, cuyo estudio debe de hacerse a propósito del estado adulto en el momento correspondiente. Tenemos también el *cuello*, notando que éste se ha enderezado y afilado para moverse mejor, conteniendo justamente las vísceras indispensables de tránsito. Los arcos branquiógenos II, III y IV han desplazado sus relieves cutáneos para formar el pabellón de la oreja. En el *presoma* distinguimos pues, el *tórax*, el *abdomen* y la *pelvis* con el *periné*, así como también el *cuello*. Estas cuatro regiones albergan vísceras destinadas a las funciones nutritivas y reproductoras del individuo; además, estas regiones están envueltas por paredes musculares y esqueléticas que coadyuvan a las funciones viscerales indicadas, todo adaptado a la postura general del enderezamiento.

La CABEZA ya hemos indicado que sirve de substrato al CONOCIMIENTO. Este substrato corresponde fundamentalmente al telencéfalo. A estos efectos, el telencéfalo se ha desarrollado considerablemente apoyado en el yugo esquelético de la base del cráneo. Su tamaño adulto contrasta con el exiguo que ofrecía en el estado embrionario. Todas las funciones que se expresan en la cabeza están suspendidas, pues, a las que dimanan del telencéfalo o *cerebro* del adulto, el cual constituye el principal punto de referencia en la *Organización*.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Enderezamiento = Retrosoma. Estática y marcha = Extremidad inferior. Capacitación finalista=Extremidad superior. Substrato trófico=Presoma. Substrato del conocimiento = Cabeza. Columna vertebral. Coxal. Fémur. Tibia. Peroné. Tarso. Metatarso. Dedos. Escápula. Clavícula. Húmero. Cúbito y radio. Carpo. Metacarpo. Dedos.

CAPÍTULO 21

FUENTES DEL CONOCIMIENTO ANATÓMICO Y TÉCNICAS PARA CONSEGUIRLO

Terminado el estudio de la ORGANIZACIÓN EN DESARROLLO, y apuntando siempre al estado adulto, debemos de aprestarnos a señalar que el conocimiento que brinde un tratado de Anatomía, y por lo tanto también la presente obra, se limita al criterio personal de sus autores, criterio que si bien debe de facilitar el estudio, por otra parte lo puede presentar para algunos excesivamente canalizado, peligrando resultar lejos de las FUENTES ORIGINALES DEL CONOCIMIENTO, que son las que lo ofrecen sin deformación alguna. Un libro, por lo tanto, será un complemento necesario quizá, pero no debe confundirse con la verdadera fuente de conocimiento. Dicha fuente sólo puede encontrarse directamente, pues, en ese mismo embrión y en ese mismo hombre adulto que hay que conocer. El hombre, sin embargo, es siempre el *sujeto;* por lo tanto, no debe ser confundido con un *objeto* de estudio aparte de que ya biológicamente es una *unidad indivisible* que no puede someterse a un análisis que la desintegre.

El *hombre adulto como fuente* del conocimiento anatómico ha de estar condicionado a las siguientes circunstancias:

a) Solamente en estado de *cadáver* puede ser dividido por maniobras de disección para conocer el substrato, pero desprovisto de función.

b) En *vivo,* puede el hombre ser estudiado por cualquier proceder que respete no solamente su integridad individual, sino también su calidad de sujeto enfermo que necesita ser curado. Los procederes para ello deben ser bioscópicos y clínicos, no bastando a veces por sí solos para completar el conocimiento anatómico necesario, lo que obliga a recurrir a la experimentación animal.

La *experimentación animal como fuente* de conocimiento ofrece muchos matices, pero aquí sólo nos interesan aquellos que alterando anatómicamente un substrato provocan unos signos funcionales de transformación adaptativa de los substratos adyacentes, capaz de ser relacionada concretamente con la alteración primitivamente desencadenada. Aparte de ello es necesario que los resultados producidos en el substrato animal puedan ser transportados al caso del hombre, aprovechando analogías y diferencias. Caso de no haber comparación de los substratos, no se puede hacer un discreto transporte de conocimientos y, por lo tanto, de aplicación al hombre.

El *embrión como fuente* del conocimiento está condicionado a las siguientes circunstancias:

a) Sólo en *estado de cadáver,* si es humano, podrá ser utilizado el embrión. Por otra parte, la pequeñez y delicadeza del mismo dificulta la disección; por eso, sólo puede estudiarse mediante cortes microtómicos seriados, previa su inclusión, y después de obtenida la «serie microtómica», reconstruida tri-

dimensionalmente con el clásico método de BORN, refiriéndose concretamente a un detalle determinado que, contrastando en la serie, pudiera interesar su estudio en tercera dimensión. Las técnicas indicadas de inclusión, microtomía, seriación, contraste y reconstrucción son suficientemente tratadas en los manuales de Histología y, sobre todo, de Embriología, escapándose del límite del presente tratado.

b) En *vivo* puede ser estudiado el embrión si no es humano, e incluso puede ser sometido a técnicas experimentales. Éstas deben de producir una alteración en la «mecánica del desarrollo» sucesivo. Ello se aplica en embriones de aves y anfibios principalmente, constituyendo procedimientos investigadores de alta especialización de los que se trata en las obras de Embriología Experimental. En el presente capítulo, en cambio, procede puntualizar simplemente las fuentes y procederes clásicos, como son el cadáver humano, y sobre todo la técnica de disección.

CADÁVER HUMANO

A las 24 horas de haber acontecido la muerte del individuo, ya se sabe que el cadáver puede ser enterrado, y si ocurre en un Centro de Beneficencia, la familia debe hacerse cargo del mismo para ello. Caso de que no hubiera reclamación alguna, el entierro corre a cargo del Departamento Anatómico de la Facultad de Medicina, después de haberlo aprovechado debidamente para la enseñanza con arreglo a la legislación vigente.

A las pocas horas de constituirse el cadáver, se manifiesta una rigidez muscular que va regresando, a tiempo que aparecen signos de descomposición y putrefacción, cuyo avance está en relación con diversas circunstancias, como es la enfermedad padecida, la constitución del individuo y, sobre todo, la temperatura ambiente. El primer signo de descomposición suele ser una mancha verdosa en la piel del vientre, que se va extendiendo por toda la superficie cutánea, a la par que la formación de gases, causada por una invasión microbiana postmortem a partir del intestino y vías biliares. Por este motivo se necesita conservar el cadáver. La frigorífica es un procedimiento transitorio no esencial en una sala de disección, aunque puede serlo en los depósitos de cadáveres previos a la sala. La conservación usada habitualmente en Anatomía es el embalsamamiento y el embalsamiento.

Embalsamamiento. — Este antiguo proceder, tan usado en Egipto hace miles de años infiltrando el cadáver en bálsamos conservadores, se realiza hoy día en las salas de disección introduciendo en el aparato circulatorio del cadáver una solución fijadora y antiséptica. La vía de entrada es cualquier arteria asequible, como la misma carótida a nivel del cuello, que caso de ser elegida debe ser aislada y encanulada para recibir el líquido conservador siempre en dirección al corazón; así la distribución por el organismo suele hacerse fácilmente por estar vacío el sistema arterial, ya que la sangre se ha ido estancando y acumulando en las venas durante la agonía.

El líquido conservador se introduce en cantidad de unos cinco litros (aproximadamente la misma cantidad de sangre que pudo circular en vida). En algunos Departamentos Anatómicos se emplea el formol comercial en dilución acuosa a partes iguales; por lo tanto, dos litros y medio de formalina más dos litros y medio de agua. Terminada la inyección, el cadáver entra nuevamente en rigidez; además, se va endureciendo progresivamente. A los pocos días se aprecia cierta desecación en las partes más distales y culminantes, como la punta de la nariz y yema de los dedos; en contraste, se nota encharcamiento bajo la piel de la espalda donde se apoya el cadáver, fenómeno debido a que las proteínas en estado de fijación ya no son capaces de retener el agua como lo hacían en vivo; por lo tanto, el agua tiende a acumularse en las partes declives, mientras que las culminantes se van desecando. Este fenómeno recibe el nombre de *hipostasis cadavérica.* Para evitarlo, el cadáver es embalsado.

Embalsamiento. — Es el almacenado y sumersión de los cadáveres previamente embalsamados, en una gran tina llena de una

solución de formol (formalina 10, agua 100). En esta solución permanecen los cadáveres hasta que son utilizados para la disección.

La composición de los líquidos de embalsamamiento y de embalsamiento viene a ser la misma, si bien en el primer caso están más concentrados. La composición formolada puede ofrecer alguna variación según las circunstancias, como ocurre en países húmedos, donde fácilmente germinan hongos en la superficie cadavérica, lo cual se previene añadiendo al líquido de embalsamamiento ácido acético y solución yodo yodurada en cantidad suficiente. El líquido de embalsamamiento puede ofrecer muy diversas condiciones, pero ello escapa a los fines de esta obra; sin embargo, hay que tener presente siempre que el fenómeno de desecación e hipostasis cadavérica debe ser prevenido oportunamente a la par que el de la putrefacción; todo ello es función de los componentes de líquido de conservación, calculados según la práctica, pero bueno es tener en cuenta lo siguiente:

1.° El formol, líquido conservador por excelencia, a una *excesiva concentración*, determina una fijación exagerada de los tejidos con los siguientes inconvenientes: a), excesiva consistencia a la disección, y b), retracción de los tejidos, que lleva a desecaciones e hipostasis intensas. A *concentración insuficiente* no se remediaría la putrefacción iniciada.

2.° Complementos y sustitutos de formol en el embalsamamiento son: la glicerina fenicada, el ácido acético y la solución de yodo yodurada fundamentalmente. a) La glicerina fenicada al 10 %, inyectada exclusivamente en cantidad de 5 litros en cadáveres recién traídos sin putrefacción manifiesta y en ambientes frescos, puede ser un medio de embalsamamiento ideal. Si fallan estas condiciones previas, el cadáver entra fatalmente en descomposición a pesar del líquido inyectado. Por otra parte, la glicerina y el ácido fénico pueden participar con el formol en la composición del líquido de embalsamamiento, si bien las proporciones y circunstancias sólo la práctica podrá determinar. b) La participación del ácido acético y del yodo en la solución clásica *lugol* (yodo yodurada) en el líquido de inyección, debe de relacionarse con la germinación de colonias de hongos invadiendo la superficie. c) La adición de otros productos salinos y, en concreto, la sal común en grandes cantidades, tienden a la conservación, a la par que a la desecación y endurecimiento de la pieza.

El clima y otras circunstancias, hacen que, en Universidades españolas (sobre todo meridionales y levantinas), hayan sido muy estimadas las siguientes bases para líquidos de embalsamamientos:

A) Gran volumen de líquido a inyectar (de 10 a 12 litros en total) no importando que el cadáver se ingurgite excesivamente e incluso que se regurgitase el líquido. Ello evitará la desecación en caso de disecciones prolongadamente expuestas.

B) La cantidad de formol debe disminuirse de la proporción indicada anteriormente. En vez de a partes iguales deberá ser una parte de formol y dos del resto del líquido (por lo tanto de 2 y medio a 3 litros de formol puro).

C) Añadir sulfato de cobre en polvo para que resulte al 1 % respecto del volumen total (por lo tanto, unos 100 gramos del sulfato de cobre).

DISECCIÓN

Analicemos ante todo las características del instrumental empleado y después las pautas para actuar.

Instrumental

Para cortar o disociar, el instrumental ofrece una forma apropiada. El corte siempre es debido a una arista que muestra desigualdades en forma de dientes. Si los dientes son muy finos, no apreciándose a simple vista, entonces pueden cortarse partes blandas. Si los dientes son fuertes, grandes y además están ligeramente doblados alternativamente hacia un lado y otro para labrar camino en el movimiento de vaivén, entonces pueden cortar partes duras.

Los instrumentos que *cortan partes blandas* son el bisturí y el escalpelo, cuyo hoja es reducida. También está el cuchillete, cuya hoja es bastante larga. El mango de estos instrumentos puede ser cogido como pluma de escribir, como arco de violín o bien empu-

ñándolo propiamente como cuchillo. Según esta manera de coger el bisturí se imprimirán matices diferentes a los movimientos de la hoja. Así: cuando se coge como pluma de escribir, el corte puede ser muy minucioso y circunscrito, actuándose solamente con la punta; por eso, tales bisturíes deben tener su extremo afilado. Cuando se coge como arco de violín, se trata de hacer un corte a lo largo de una superficie, interesando actuar con toda la hoja; por lo tanto, tales bisturíes deberán ofrecer una arista lo suficientemente curva para ser aprovechada en toda su extensión. Cuando el instrumento se empuña como cuchillo, se trata de hacer cortes profundos, como ocurre al amputar segmentos del organismo llegando hasta el mismo hueso, precisándose entonces de instrumentos con hoja larga y recta propia del cuchillete. Hay partes blandas que no ofrecen fácil apoyo para el corte de bisturí, por encontrarse un tanto pediculizadas y desprendidas; entonces se les corta mejor con las tijeras.

Los instrumentos que *cortan partes duras* pueden tener forma de tijera, pero con poderosas ramas, como ocurre a la cizalla, o bien ofrecen una larga hoja visiblemente dentada, como ocurre a la sierra. De cizalla y sierra hay infinidad de modelos comerciales, cada uno para sección de zonas óseas determinadas. Hay instrumentos que deshacen partes duras mordiendo sucesivamente la superficie; tal es el caso de las pinzas «sacabocados», llamadas también «pinza gubia», cuyas mandíbulas cortantes, al superponerse, accionadas por poderosas ramas se van cerrando, arrastrando fragmentos óseos. Efecto similar ocurre al escoplo y a la gubia, que actúan por acción del martillo.

Aparte de los instrumentos de cortes, hay otros que disocian en elementos las masas de tejido. Consisten en instrumentos romos y alargados, como son las agujas de disociación y las sondas acanaladas que actúan sobre las partes blandas, o bien las cucharillas que raspan el díploe óseo y los periostotomos o legras, que raspan la superficie del hueso compacto.

Instrumentos accesorios son los ganchos separadores, erinas y, sobre todo, las pinzas, cuyas bocas de prehensión pueden tener formas distintas, desde la ligera estriación para el suave agarre, como ocurre a las pinzas de disección, hasta salientes en forma de dientes de ratón, que hacen fuerte presa, pudiendo desgarrar el tejido.

Pautas de disección. — Son procederes que permiten el uso del instrumental para analizar el organismo mediante sección de planos de tejido y reclinación de los mismos hasta llegar a la profundidad. Como planos puede distinguirse la piel, planos subcutáneos y planos profundos.

La piel es seccionada circunscribiendo una amplia superficie o colgajo que debe ser levantado y reclinado, previo desprendimiento de la superficie adherida. Los planos que vienen a continuación, unos subcutáneos, son aponeuróticos; otros profundos son musculares, esqueléticos o viscerales. Todos suelen ofrecer cierta continuidad por los sitios por donde los vasos y nervios pasan de un plano al otro. Esta zona de continuidad, llamada pedículo, debe de ser tenida en cuenta y respetada en las reclinaciones de los planos sucesivos; así, al terminar la disección, se consigue la reposición de planos y, por lo tanto, intuir la síntesis del conjunto. Sólo la práctica en cada circunstancia deberá completar debidamente estas pautas.

La reposición de planos creados por la disección puede ser representada en *reconstrucciones planimétricas* de gran utilidad para fijar los conceptos en *síntesis* y en *unidad.*

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

FUENTES DE CONOCIMIENTO ANATÓMICO. *Sujeto de estudio = Unidad indivisible. Experimentación animal. Embrión. Embriología experimental. Reconstrucciones* estereométricas de BORN. Cadáver humano. Rigidez, putrefacción, *conservación*, embalsamamiento, embalsamiento. DISECCIÓN. Instrumental. Instrumentos que cortan partes blandas. Instrumentos que cortan partes duras. Instrumentos disociadores. Instrumentos accesorios.

CAPÍTULO 22

ANATOMÍA APLICATIVA = ANATOMÍA TOPOGRÁFICA. CUADRÍCULA. ANATOMÍA RADIOLÓGICA. ANATOMÍA ENDOSCÓPICA

La organización de nuestro cuerpo, estudiada por disección, intentando su razonamiento unitario y funcional, hay que orientarla a continuación con sentido aplicativo, hacia la meta médica que es el *enfermo*. Esto lo realizamos en grandes zonas o regiones, que integrarán nuestro organismo constituyendo la llamada Anatomía Topográfica. *Anatomía Aplicativa* es, pues, *Anatomía Topográfica*. El proceder de estudio debe por tanto seguir un orden regional y a la vez conservar la integridad de nuestro organismo. Por eso, hay que considerar la *Anatomía radiológica* que respetando la organización, refiere sus detalles a las sombras y contrastes producidos por rayos X; la *Anatomía bioscópica*, que refiere los detalles de organización a la superficie del cuerpo; la *Anatomía endoscópica*, en fin, que se refiere a los detalles cavitarios demostrables por procedimientos clínicos. Aparte de esto, hay que dar preferencia a aquellos detalles de organización normal que sean referibles al significado de una enfermedad, con lo que se establece la *Anatomía Fisiopatológica*, o bien los que se refieren a una aplicación operatoria, constituyendo así la *Anatomía quirúrgica*.

Procederían algunas observaciones previas sobre ANATOMÍA TOPOGRÁFICA, referencias prácticas de las que hoy día todavía no se puede prescindir, aunque hayan dejado de servir de pauta fundamental. Se trata de las cuadrículas topográficas trazadas en superficie, delimitando regiones un tanto artificiosamente, pero con sentido práctico de localización, ya que así la región que se circunda en superficie puede seguirse fácilmente en profundidad hasta el límite que corresponde. Algunas de estas regiones conservan en sí un significado funcional; razón de más, pues, para que en un principio hagamos la referencia objetiva oportuna, adaptándonos a la marcha de Anatomía Topográfica clásica. Quizá las regiones de más justificada delimitación, conservando al mismo tiempo cierto sentido funcional, sean las extremidades.

En la EXTREMIDAD INFERIOR notemos zonas muy funcionales y ocupando situaciones un tanto críticas. Nos referimos al *tobillo* (To) (figs. 139 y 140) y a la *rodilla* (Ro). El tobillo es fácilmente delimitable superiormente, teniendo en cuenta el saliente de los maléolos (dos traveses de dedo encima); por debajo el límite corresponde a un plano oblicuo convencional que pasa naturalmente bajo los maléolos, pero que por delante llega hasta la cabeza del astrágalo, fácilmente tactable superiormente y por detrás hasta el mismo vértice del talón. El que el tobillo tenga una región anterior premaleolar y una región posterior, que a su vez puede ser ex-

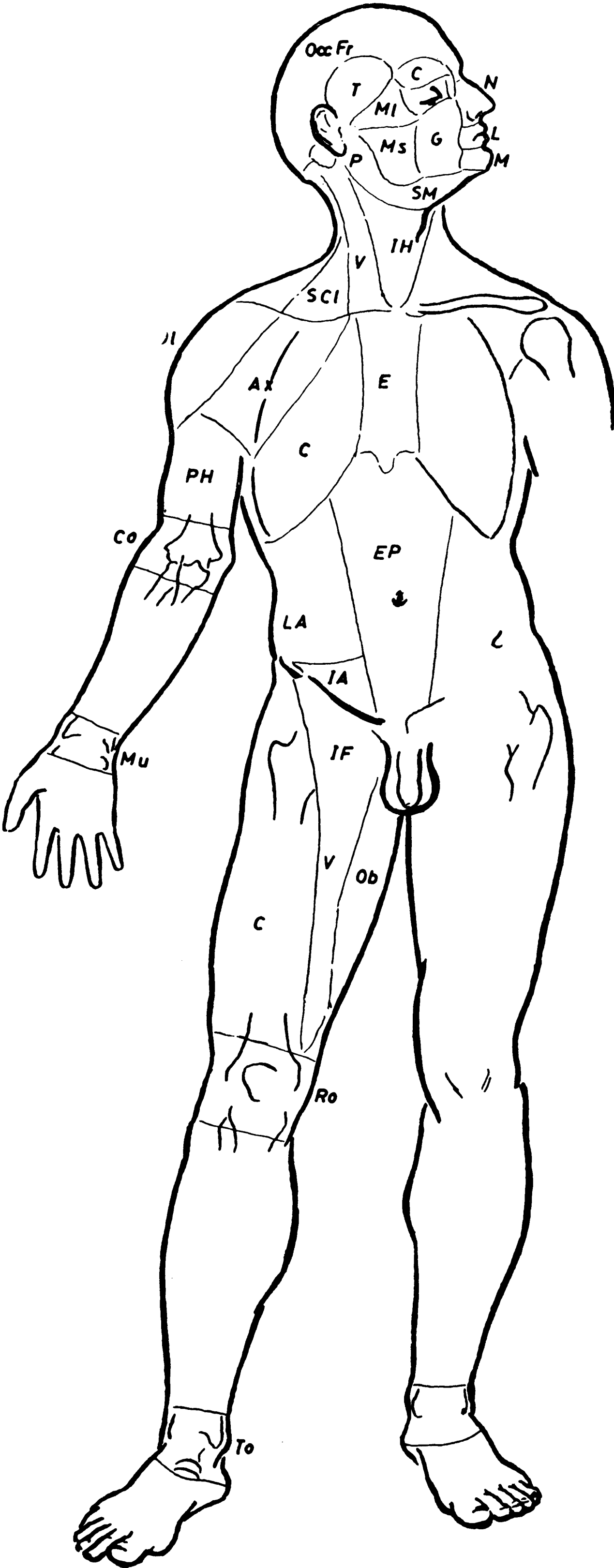


Fig. 139



Fig. 140

terna o maléolo-calcánea externa e interna o maléolo-calcánea interna, son también detalles a tener en cuenta. La rodilla (Ro), zona cilíndrica, se delimita mediante planos convencionales (referidos a dos traveses de dedo) por encima y por debajo de la rótula, respectivamente. Este cilindro regional tendría dos zonas: la posterior poplítea y la anterior rotuliana, en la que se incluye la articulación de la rodilla. Las regiones indicadas permiten delimitar regiones intermedias y, a estos efectos, tenemos el *pie* y la *pierna*, divisibles a su vez en regiones anteriores o volares y posteriores o dorsales, cuyos límites, laterales, corresponden a los márgenes óseos de las regiones indicadas.

Por lo que se refiere a la raíz del miembro, éste ofrece la *nalga* (Na) y la región femoral, estando la primera perfectamente delimitada por el perfil de la nalga, incluyendo detalles óseos marginales como son la cresta ilíaca, el trocánter y la tuberosidad del isquion; en cuanto a la región femoral, se divide a su vez en una región pre y otra retrofemoral. En la región *retrofemoral* (RF) los límites superior e inferior resultan ya perfectamente determinados, aunque ya no tanto los laterales, externo e interno, a base de una líneas completamente convencionales por cada lado. En cuanto a la *región prefemoral*, veámosla perfectamente delimitada por abajo y lo mismo por arriba, merced al pliegue de la ingle bien manifiesto; igualmente podríamos decir por los lados. Existe una subdivisoria regional más precisa de la región prefemoral; lo más clásico se refiere a considerar incluidas tres regiones un tanto longitudinales. De ellas una es media o *vascular del muslo* (V), ofreciéndose como un surco que por arriba se amplía en superficie triangular o región *inguinofemoral* (IF). Otra de ellas es interna o *región obturatriz* (Ob). La otra, en fin, es externa, también llamada *región del cuadríceps* (C) o de la fascia lata.

En la EXTREMIDAD SUPERIOR notemos igualmente zonas de gran matiz funcional y de crítica situación. Nos referimos a la muñeca y al codo. La *muñeca* (Mu), que corresponde fundamentalmente a la zona articular, toma como referencia superior una línea que pasa sobre la epífisis del cúbito y radio, perfectamente delimitadas. Por debajo el límite pasaría un par de traveses de dedo bajo esas epífisis, lo cual, referido más directamente a formaciones óseas, sería bajo el pisiforme y trapecio. El *codo* (Co) como región de encrucijada ofrece unos límites referidos a la epitróclea y al epicóndilo muy fáciles de tocarse; de esta suerte el límite superior e inferior de la región correspondería, según la

---

FIGS. 139 y 140. — Cuadrícula topográfica clásica desarrollada en la superficie del cuerpo, en una visión anterior y posterior.

En *extremidad inferior* nótese las regiones cruciales, tobillo (To) y rodilla (Ro), que a su vez delimitarán las regiones de la pierna y del pie. En cuanto se refiere a la nalga (Na), apréciense proyectados, relieves óseos que la integran y que son tactables en profundidad. La región retrofemoral (RF) queda perfectamente delimitada. Prefemoralmente, apreciemos la región vascular (V), que hacia arriba se ensancha, constituyendo la región inguinofemoral (IF); apréciese por fuera de la región vascular, la región del cuadríceps (C) y, por dentro, la región obturatriz (Ob).

Nótese en *extremidad superior* las regiones cruciales del codo (Co) y de la muñeca (Mu), que a su vez, delimitan las regiones del antebrazo y de la mano. Apréciese en el hombro, la región del muñón o deltoidea (Dl), así como la escapular (Es) y axilar (Ax). Por lo que se refiere al brazo, nótese la región prehumeral (PH) y la retrohumeral (RH).

Después de observar el *retrosoma* como una amplia zona tendida desde el occipucio (Occ) verticalmente hacia abajo a partir de la nuca (Nuc), tenemos el *presoma*, que en la parte de faja abdominal ofrece la región esternopubiana (EP), lumboabdominal (LA), inguinoabdominal (IA) que se continúa hacia los genitales externos y el periné; por parte del tórax tenemos la región esternal (E) y la costal (C). Por parte del cuello torácico, tenemos la región vascular (V), la región supraclavicular (SCl) y la región infrahioidea (IH).

En cuanto a la *cabeza* tenemos la exofacies con la región nasal (N), labial (L), mentoniana (M), malar (Ml), maseterina (Ms), así como la palpebral y la geniana (G). Por parte del exocráneo está la región ciliar (C), la temporal (T), así como la auricular y mastoidea, quedando por encima de todas ellas la amplia región occipitofrontal (OccFr). En cuanto a la cervicofacies, distinguimos la región parotídea (P) y la región submandibular (*SM*).

denominación clásica, a los planos convencionales que pasarían horizontalmente dos traveses de dedo por encima y dos traveses de dedo por debajo de las apófisis indicadas. Naturalmente, el codo tiene una región anterior, flexural, y una región posterior, olecraneana, en la que se incluye la articulación y cuyos límites de separación son convencionales, pero siempre referidos a las dos apófisis indicadas.

La muñeca y el codo nos permiten delimitar las regiones del *antebrazo* y las regiones de la *mano.* Antebrazo y mano, a su vez, ofrecen su parte volar y su parte dorsal, siendo el límite de unas y otras las líneas de perfil de las regiones.

Ya en la raíz del miembro distingamos la región del *hombro* y el *brazo.* El hombro tiene un muñón que es el saliente deltoideo o *región deltoidea* (Dl), que engloba la articulación escapulohumeral. Por detrás está la *región escapular* (Es), ampliamente delimitada por los perfiles musculares que circundan este hueso. Por delante tenemos la *región axilar* (Ax), cuyo aspecto en superficie corresponde a la parte del sobaco y a la parte pectoral que lo cubre por delante y cuya profundidad ha de abarcar todo el hueco axilar hasta la escápula y el tórax. El brazo ofrece los límites, superior e inferior ya mencionados, y además la región *prehumeral* (PH) y la *retrohumeral* (RH), cuyos límites mutuos son los convencionales del perfil de la región.

En cuanto al RETROSOMA, notémoslo extendido desde el occipucio hasta el coxis, zonas ambas perfectamente tactables (fig. 140). El límite lateral del retrosoma, un tanto convencional, correspondería cervicalmente al límite lateral del trapecio; dorsalmente, al borde espinal del omoplato; lumbarmente, al margen externo de la masa sacrolumbar manifiesta por los hoyuelos de la piel que existen sobre el espacio iliolumbar de Petit y el espacio costolumbar de Grynfellt; la región sacra estaría entre ambas regiones glúteas sirviendo de referencia lateral las tuberosidades ilíacas, perfectamente accesibles bajo la piel.

En cuanto al PRESOMA, podemos en la cuadrícula (fig. 139) hacer referencia a su parte parietal y, por lo tanto, distinguir el *cinturón abdominal,* con la región *esternopubiana* (EP) delimitada lateralmente por los perfiles de los rectos y la *región lumboabdominal* (LA), delimitada entre las tres referencias que corresponden al enunciado de la zona. Igualmente merece referencia especial la *región inguinoabdominal* (IA), correspondiente a la pared del vientre encima del pliegue de la ingle que abarca el conducto inguinal. Es natural que de esta región pasemos a la *región testicular;* a la del *pene* en el caso del hombre; en general, al *periné,* considerado en ambos sexos.

Por parte del *tórax* hay que distinguir en superficie la *región esternal* y la *región costal,* cuyos límites son líneas convencionales que marginan las zonas que indicamos. Es lógico que la región costal coja todo lo que corresponde a los arcos y espacios intercostales y que en una buena parte no asome en superficie por estar situada bajo la raíz del miembro. En cuanto al *cuello,* distinguimos su parte torácica, que en superficie nos muestra la *región vascular del cuello* (V), también llamada esternocleidomastoidea o carotídea. Por fuera de esta región está la *supraclavicular* (SCl), delimitada en superficie por los perfiles del hueco supraclavicular. Por dentro de la región vascular del cuello está la *región media o infrahioidea* (IH), cuyo límite superior ha de corresponder al hueso hioides perfectamente tactable.

Siguiendo con la cuadrícula topográfica de superficie, queda solamente la CABEZA, en la que distinguimos regiones que corresponden al *exocráneo,* a la *exofacies* y a la *cervicofacies.* En cuanto a la exofacies, distingamos como referencia saliente la *región nasal* (N), la *región labial* (L) y la *región mentoniana* (M) situadas de arriba abajo en la línea media y delimitadas lateralmente por el surco nasogeniano vertical. Pasemos después a la *región malar* (Ml), delimitada por los perfiles del hueso de este nombre, y en seguida, más abajo, tenemos la *región masetérica* (Ms), cuyos límites son el perfil del masetero. Si ahora pasamos más adelante, la *región palpebral* queda perfectamente delimi-

tada por el reborde orbitario visible bajo la piel; debiendo de distinguir medialmente el punto lagrimal o *región lagrimal*. Por último, bajo la región orbitaria está la *región geniana* (G), que corresponde propiamente al carrillo y sus límites quedan definidos por las regiones que las circundan. Por parte del exocráneo distinguimos la *región ciliar* o ceja (C); la *región auricular*, que corresponde al pabellón; la *región mastoidea*, perfectamente delimitable por el relieve óseo de esta región; la *región temporal* (T) o sien, y por último, la *región occipitofrontal* (OccFr) o cubierta superior blanda hasta el hueso. Los límites de todo esto, aunque convencionales, son un tanto lógicos y quedan definidos en el conjunto de la cuadrícula. En cuanto a la llamada cervicofacies, distinguimos perimandibularmente el hueco que corresponde a la parótida o *región parotídea* (P) y el que corresponde a la región submandibular (SM), también llamada *suprahioidea*.

Todas estas regiones son superficiales. El motivo de exponerlas aquí es el poder referirlas fácilmente a cuadrículas topográficas clásicas. Naturalmente estas regiones de superficie alcanzan una determinada profundidad más o menos abarcable desde fuera. Existen regiones profundas sin la menor referencia en la superficie y, por lo tanto, a la cuadrícula, pero éstas no deben ser mencionadas aquí, sino en el transcurso de los capítulos que correspondan.

Los tratados de Anatomía Topográfica que se han venido manejando clásicamente ofrecen delimitaciones regionales con arreglo a referencias, que ayudan a una mejor precisión morfológica, pero podrían dificultar conceptos de continuidad funcional. La misma disección, limitadamente topográfica (que sólo en teoría propagó TESTUT en nuestro país), al llevarlo a la realidad, obliga a dar más amplitud al campo de disección, unificando varias regiones. Tal cosa vemos ya en el clásico de disección LATARJET, que atiende fundamentalmente a amplios planos disecables, desentendiéndose de límites regionales. Sólo así puede fundamentarse la Anatomía en la Sala de Disección, procurando que el criterio topográfico demostrado mantenga una posible unidad. Algunos clásicos, como LANZ (1938), PERNKOPF (1953), etc., no ofrecen otro significado. Anatomías de hoy, llamadas clínicas, como BRANTIGAN (1963) y el mismo GARDNER (1967), todavía considerado regional, acusan cada vez más la necesidad unitaria entre lo funcional y lo topográfico. Sólo tratados de Anatomía Quirúrgica siguen dentro de una mira aplicativa, prefiriendo las referencias topográficas, como hacía aquel clásico introducido en nuestro país, PICQUÉ (1914) y continuamos viendo aún en el LATIMER CALLANDER (1946), por ejemplo [1].

Procederían ahora también algunas indicaciones generales sobre Anatomía radiológica y Anatomía endoscópica, que puedan orientar para las referencias concretas que más adelante se vayan haciendo.

La ANATOMÍA RADIOLÓGICA estudia imágenes a base de sombras más o menos perfiladas que se proyectan contra una pantalla, al ser atravesado el organismo por los Rayos X. Bueno es tener en cuenta que la capacidad de penetración de los Rayos X depende de la longitud de onda de sus radiaciones y de la densidad del tejido que atraviesan.

La *longitud de onda* (unas mil veces más pequeña que la de la luz solar) encuentra los espacios intermoleculares o interparcelarios de los tejidos, demasiado amplios para sufrir desviación alguna. Sin embargo, dicha longitud de onda varía en relación con el voltaje de corriente que genera los Rayos X, pues cuanto mayor sea este voltaje en el cátodo, menor es la longitud de onda de los rayos catódicos desprendidos y, por lo tanto, la misma relación guardará la longitud de onda cuando estos rayos catódicos, al descargarse en el anticátodo, produzcan los Rayos X.

Aparte del voltaje que determina la longi-

---

[1] GARDNER, E., DONALD, J., GRAY y RONAN O'RAHILLY, M., 1967: Anatomía por regiones. «Salvat, S. A.», Barcelona.

LANZ, T., y W. WACHSMUTH, 1938: Praktische Anatomie. «Springer», Barcelona.

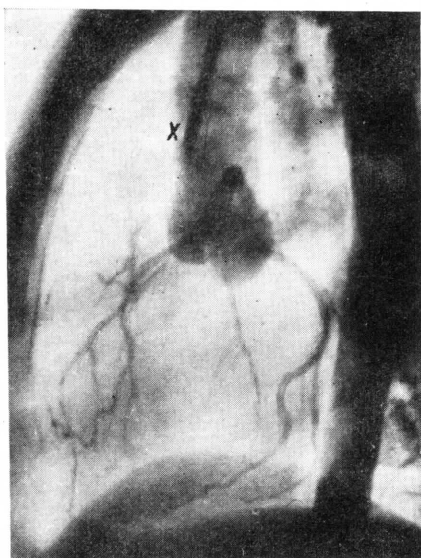
LATIMER CALLANDER, C., 1946: Anatomía quirúrgica. «Salvat, S. A.», Barcelona, Buenos Aires.

OTTO C. BRANTIGAN, 1963: Anatomía Clínica. «Compañía Editorial Continental, S. A.», México.

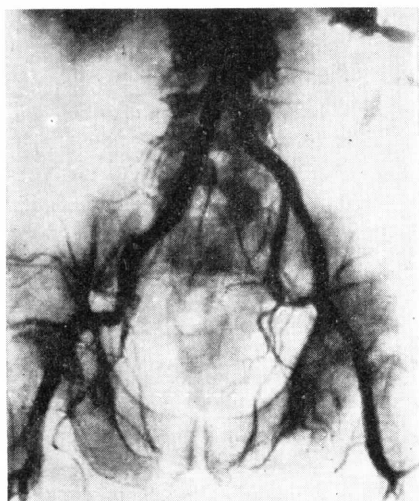
PERNKOPF, E., 1953: Anatomía Topográfica Humana. Texto-Atlas para la disección por regiones y planos. «Labor, S. A.». Barcelona.

PICQUÉ, R., 1914: Anatomía Quirúrgica. «Casa Vidal». Madrid.

tud de onda y, por lo tanto, la mayor o menor penetración de los Rayos X, está el amperaje de la corriente generadora o intensidad, que determina la cantidad de radiaciones. A este propósito, como los rayos se irradian desde el anticátodo, es lógico que, cuanto más distanciado esté, más se difundirán las radiaciones y, por lo tanto, menor cantidad se recibirán por unidad de superficie. Recordemos que la Física refiere la intensidad recibida a la inversa del cuadrado de la distancia desde donde se lanza.



A



B

Fig. A. — Contraste de las arterias coronarias por previo sondaje retrógrado (X).

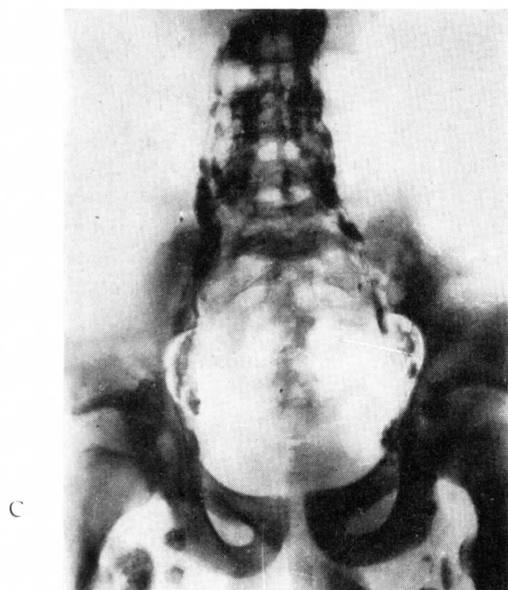
Fig. B. — Contraste de los vasos del tronco y extremidades inferiores, siguiendo la clásica técnica de dos Santos (inyección directa en la aorta).

Es clásico que un aparato corriente de Rayos X pueda funcionar con potencial medio de 100 kilovoltios e intensidad de 100 miliamperios, pudiendo ser variable la distancia de irradiación, pero siempre determinable en cada toma. A propósito de la intensidad, cuando se hace radioscopia, la imagen formada por las sombras se visualiza en una pantalla fluorescente, teniendo que aplicar intensidades mínimas para no perjudicar, pues resulta relativamente prolongado el tiempo que se emplea en esta observación. Cuando se hace radiografía, el tiempo de exposición para fotografiar puede ser instantáneo; por eso, se puede recargar la intensidad. Así, en la radioscopia, las imágenes, aunque resultan dinámicas, son poco nítidas a causa de la poca intensidad que se debe disponer. La radiografía, en cambio, ofrece imágenes muy netas, pues la impresión de la placa se pudo hacer con toda la intensidad necesaria, aparte de que los detalles de la placa radiográfica pueden ser estudiados a plena luz detenidamente. A este propósito, debemos de advertir que la necesidad de intensificación para la radioscopia corriente establecieron la aplicación de células fotoeléctricas que reforzasen la imagen, lo cual lleva al uso de la TV y la construcción de los llamados aparatos *intensificadores de imágenes*, que permiten una observación radioscópica a plena luz con todos los detalles de una radiografía, conservando además el efecto dinámico que corresponde.

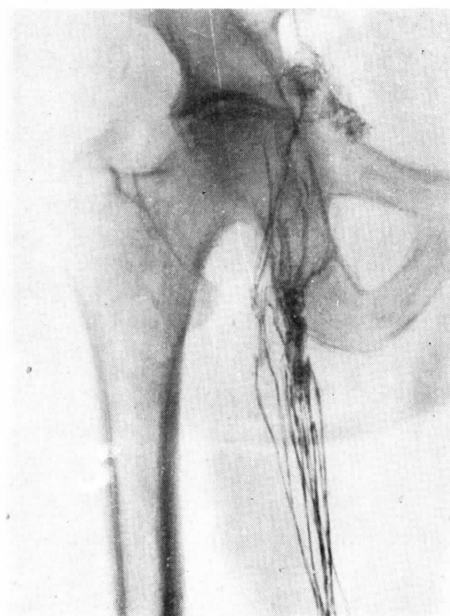
Los espacios intermoleculares o interparcelarios de los tejidos a observar pueden ser más o menos amplios, dependiendo de ello la densidad del tejido y, por lo tanto, su sombra a los Rayos X. Es sabido que las partes metálicas dan sombra neta a estos rayos; por eso, el tejido óseo, por sus sales cálcicas, producirá una densa sombra. En no tanta intensidad está el resto del esqueleto como el cartílago o la intensa condensación fibrosa, normal o patológica.[2] En comparación

[2] Tomando como contraste natural las sombras esqueléticas puede acudirse al proceso de osificación, en donde se ve el progreso de esas sombras de gran contraste enfrentadas con las zonas de cre-

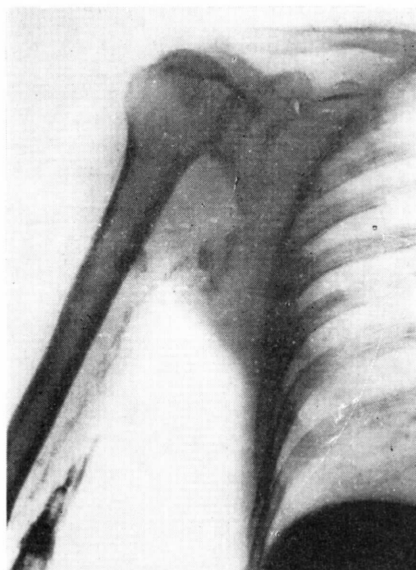
con las sombras de los órganos blandos parenquimatosos, bien por la densidad histológica propia o bien por el aflujo sanguíneo que, acumulado allí, también produce sombra. Siguiendo este mismo razonamiento, habrá menos densidad en los tejidos laxos, como son los conjuntivos, mesenquimatosos, linfáticos, etc., siempre en relación con el



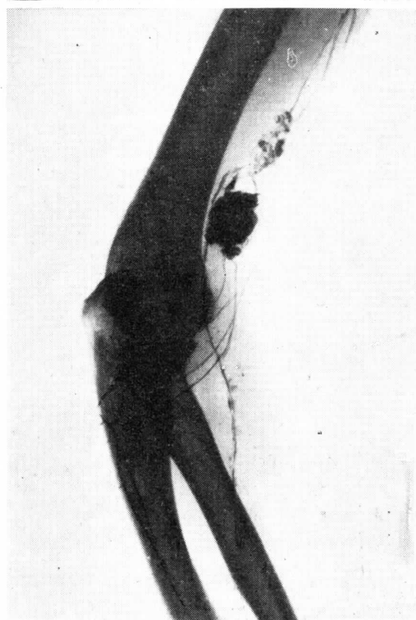
C



D



E



F

FIGS. C y D. — Linfografía ascendente en extremidad inferior y en tronco.

FIGS. E y F. — Linfografía ascendente en extremidad superior. (Cortesía del Dr. Huebra.)

cimiento que ofrecen menor contraste. Así se sigue el mecanismo de osificación en todo su período progresivo hasta su terminación completa.

HARET, G.; DARIAUX, A., y QUENU, J., 1927: Atlas de Radiographie du System osseux normal. «Masson et Cie.».

aspecto más o menos esponjoso de sus trabéculas, ya que el líquido que lo rellena, conjuntivo o linfático, no tiene nunca la densidad de la sangre ni la de un acúmulo de pus. Es natural que si hay espacios aéreos, las

sombras desaparecen y son sustituidas por una claridad neta en la zona de contacto entre el aire y el tejido. Así se establece un contraste.

Los *contrastes* significan una posibilidad de perfilar estructuras a causa de una diferencia de densidad entre el perfil del órgano y las formaciones adyacentes. Los contrastes pueden ser producidos por aire existente en el tejido, como ocurre normalmente al caso del pulmón; como ocurre al aire producido en el curso de la digestión, por fermentación o putrefacción (normalmente en el tubo digestivo y patológicamente en cualquier otra zona de organismo); como ocurre, en fin, al introducir intencionalmente una inyección de aire en cualquier espacio que pueda contenerlo.[3] El contraste puede producirse también por una inyección vascular yodada (cuya composición comercial es apropiada para no producir trastorno alguno); entonces la solución yodurada se distribuye por el riego sanguíneo y opacifica las luces vasculares a los rayos X.[4] Ello ocurre no solamente a lo largo del árbol vascular y de su distribución, sino en las glándulas donde se elimina, pues según las adiciones complementarias en la composición yodurada, podría eliminarse por el riñón o bien por el hígado y vías biliares. Contraste también da la introducción directa de papillas a base de bario o bismuto, a lo largo del tubo digestivo y, en general, en cualquier cavidad que las puedan soportar. Soluciones orgánicas de yodo más o menos aceitosas, se introducen también en cavidades naturales, pero son irritantes, máxime si no se consigue una eliminación pronta. Tal inyección en los linfáticos está indicada, pues los visualiza a tiempo que se va eliminando progresivamente.[5] En cambio, su introducción en los espacios subaracnoides o en la misma vejiga de la orina puede ser retenida y resultar irritante. Preparados de metales pesados inyectados, como las sales de torio, son fagocitados por el sistema reticuloendotelial, circunstancia que permite una mayor opacidad a los Rayos X de la zona que posee el tejido reticuloendotelial indicado (el bazo, el hígado, el mismo pulmón); esta fagocitosis, sin embargo, lleva

---

[3] NAGY, D., 1959: Radiological Anatomy. «Pergamon Press». Oxford, London, Edinburgh, New-York, París, Frankfurt.

[4] HERBERT, L. ABRANZ, 1961: Angiography. a. «Churchill Ltd.». 104 Gloucester Place W-1. London.

A este propósito no se puede prescindir de aquellos trabajos originales de la escuela de DOS SANTOS (1929) que ofrecen los fundamentos de Angiografía para tronco y miembros, por inyección arterial directa (fig. B), así como los trabajos de la Escuela de MONIZ (1928, 1931), que plantean la angiografía cerebral. Frente a esto tenemos, por ejemplo, técnicas ya más lógicas, para difíciles contrastes, como el de vasos coronarios por solución del yoduro, logrado con sonda retrógrada desde una arteria del miembro superior a lo largo de la axilar, hasta el mismo arranque de la aorta (ROUSTHÖI, 1933) (figura A).

DOS SANTOS, R.; LAMAS, A. C., y PEREIRA-CALDAS, J., 1929: Arteriografia da aorta e dos vasos abdominais. «Med. contemp.», *47*, 93.

DOS SANTOS, R.; LAMAS, A. C., y PEREIRA-CALDAS, J., 1929: L'arteriographie des membres l'aorte et de ses branches abdominales. «Bull. mem. Soc. natl. chir.», *55*, 587.

MONIZ, E.; DÍAZ, A., y LIMA, A., 1928: La radioarteriographie et la topographie cranioencephalique. «J. radiol et electrol», *12*, 72.

MONIZ, E.; CARVALHO, L., y LIMA, A., 1931: A. Angiopneumographie. «Press med.», 53, 996.

ROUSTHÖI, P., 1933: Über Angiokardiographie. «Acta radiol.», *14*, 419.

[5] El contraste de los vasos linfáticos en radiología adquiere cada vez mayores aplicaciones clínicas y más referencias bibliográficas, si bien la técnica se basa siempre en lograr contraste previo de un vaso linfático distal, mediante inyección coloreada de la red linfática dérmica; después, se inyectaría desde dicho linfático la solución de contraste, cosa muy clásica en extremidad inferior (figs. C y D) y en extremidad superior (figs. E y F).

Como bibliografías sobre contraste de linfáticos ofrecemos, entre otras, a KINMONTH (1952, 1954), COLLETTE (1953), DESPREZ (1962), etc.

COLLETTE, J. M., 1953: Essais de lymphographie experimentale. Activité de la hyaluronidase. «J. Belg. de Radiol.», *36*, 3.

DESPREZ-CURELY, J.; BISMUTH, V., y LAUGIER, A., 1962: L'exploration radiologique des ganglions iliolombaires par lymphographie. «Nouv. Rev. Franc., Hëmat.», *2*, 91.

KINMONTH, J. B., 1952: Lymphangiography in man. «Clin. Sci.», *11*, 13.

KINMONTH, TAYLOR y HARPER, 1955: Lymphangiography. «Brit. med. J.», *4919*, 940.

en sí una acción bloqueante del sistema reticuloendotelial, perniciosa para el paciente; ello se evita hoy día con las sales de oro marcadas, que son retenidas en el sistema reticuloendotelial y cuyo efecto radioactivo puede establecer el necesario contraste en una placa radiográfica. Otros isótopos radioactivos ofrecen un contraste topografiable en las zonas en que se las requiere para su metabolismo y de esto existe una gama considerable que se escapa de los límites de nuestro estudio.

Las referencias radiológicas que se vayan haciendo en los distintos capítulos podrán permitir ampliaciones sobre el particular.

La ANATOMÍA ENDOSCÓPICA se basa en visualizar cavidades oscuras y de difícil acceso. Ello obliga a una buena iluminación interior y al mismo tiempo hacer allí la visión del observador. El proceder se basa, pues, en dilatar y enderezar la vía de acceso a la cavidad que se pretenda observar, mediante separadores llamados espéculos cuya forma se adapta a los trayectos naturales. Como a veces el enderezamiento no se consigue en un solo trayecto, sino en trayectos diferentes, es necesaria la presencia de un espejo en el punto de inflexión para que allí mismo la imagen se refleje y pueda seguir su trayecto sin interrupción. En general, el ojo del observador y la iluminación coinciden en la misma dirección.

La circunstancia más clásica es la observación de la *boca,* cuyo fondo (el istmo de las fauces) está un tanto oculto por la parte refleja de la lengua. Lo fundamental aquí para la endoscopia, pues, es un espéculo o depresor de lengua, mientras que la iluminación puede ser cualquier foco junto al observador que no le deslumbre. Otra cosa es la endoscopia de la *laringe,* por ejemplo, que si es directa ha de obligar una postura apropiada del enfermo para que la vía de acceso se haga rectilínea, cosa factible en el caso del niño anestesiado en que se introduce un tubo recto a través del istmo de las fauces hasta la misma laringe, simplemente con una extensión forzada de cabeza o bien, sin esta postura, como en el caso del adulto, en que es necesario en el velo del paladar un espejo para reflexión. La observación de las *fosas nasales* a través de la nariz, la de la *luz bronquial,* la del *esófago* y del *estómago,* la observación de la *membrana del tímpano,* en fin, a través del agujero auditivo externo, requieren disposiciones apropiadas de espéculos e iluminaciones cuyo fundamento está muy estrechamente unido a una determinada especialidad, y escapa de nuestro estudio, pero que es suficientemente recogido en tratados de otorrinolaringología. La endoscopia del *fondo de ojo* y la de la *vejiga de la orina,* en fin, son manipulaciones que caen dentro de la especialidad de oftalmología y urología respectivamente. El procedimiento endoscópico se va generalizando cada vez más y llega, pues, a servir procederes de observación cada vez más complejos, empleados en diversas especialidades y superespecialidades.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ANATOMÍA APLICATIVA = ANATOMÍA TOPOGRÁFICA. ANATOMÍA BIOSCÓPICA. ANATOMÍA RADIOLÓGICA. ANATOMÍA ENDOSCÓPICA. ANATOMÍA FISIOPATOLÓGICA. ANATOMÍA QUIRÚRGICA. Cuadrícula topográfica. *Regiones de la extremidad inferior:* Tobillo. Rodilla. Pie (planta y dorso). Pierna. Nalga. Región retrofemoral = Región posterior del muslo. Regiones prefemorales (Región vascular. Región inguinofemoral. Región crural del cuadríceps. Región obturatriz). *Regiones de la extremidad superior* = Muñeca. Codo (flexura y región olecraneana). Mano. Antebrazo. Brazo (región prehumeral y retrohumeral). Hombro = (Región deltoidea. Escapular. Axilar). *Retrosoma.* Nuca. *Presoma: Región abdominal* (regiones lumboabdominal, inguinoabdominal, periné, genitales externos). *Tórax* (región esternal y región costal). *Cuello:* Región carotídea. Región supraclavicular. Región infrahioidea. *Cabeza = Exofacies* (Región nasal. Región labial. Región mentoniana. Región malar. Región maseterina. *Región palpe-*

bral. Región geniana). *Exocráneo* (Región ciliar. Región occipitofrontal. Región temporal. Región mastoidea. Región auricular). *Cervicofacies* (Región parotídea y Región submandibular).

Longitud de onda = *Penetración de los rayos X*. Densidades de tejido. Contraste de imágenes.

RETROSOMA

CAPÍTULO 23

LA ORGANIZACIÓN PARA EL ENDEREZAMIENTO: RETROSOMA. COLUMNA VERTEBRAL COMO EJE DE TRANSMISIÓN. CUERPOS VERTEBRALES. VÉRTEBRA TIPO. ARCO NEURAL. MASA APOFISARIA

Partiendo de que la característica fundamental que empieza a diferenciar al hombre de los demás seres vivos es su posición erecta, y que ésta ha sido encomendada al dorso de su cuerpo y su continuación con la extremidad caudal (liberando así a la extremidad superior para que desempeñe funciones más elevadas), es lo lógico que comencemos el estudio por estas regiones, que constituirán lo que denominamos *retrosoma* (utilizando la sinonimia del episoma de GEGENBAUR, en Anatomía Comparada), y la *extremidad inferior.*

Este retrosoma tiene que ser, por lo tanto, un elemento activo en el enderezamiento del cuerpo humano y en la adopción de su postura erecta, no sólo en la estática, sino también en la dinámica. Para ello la esqueletización y osificación se llevó a cabo de una manera fragmentada, entre los somitas, durante su crecimiento embrionario, constituyéndose un esqueleto axil formado por una serie de piezas óseas, que forman la columna vertebral (fig. 141).

El enderezamiento del organismo adulto está plasmado, pues, en el RETROSOMA, que constituye una amplia región cuyo esqueleto es la *columna vertebral.* Consideramos la columna vertebral como *eje de transmisión de líneas de fuerza* y como *sostén del organismo en crecimiento.*

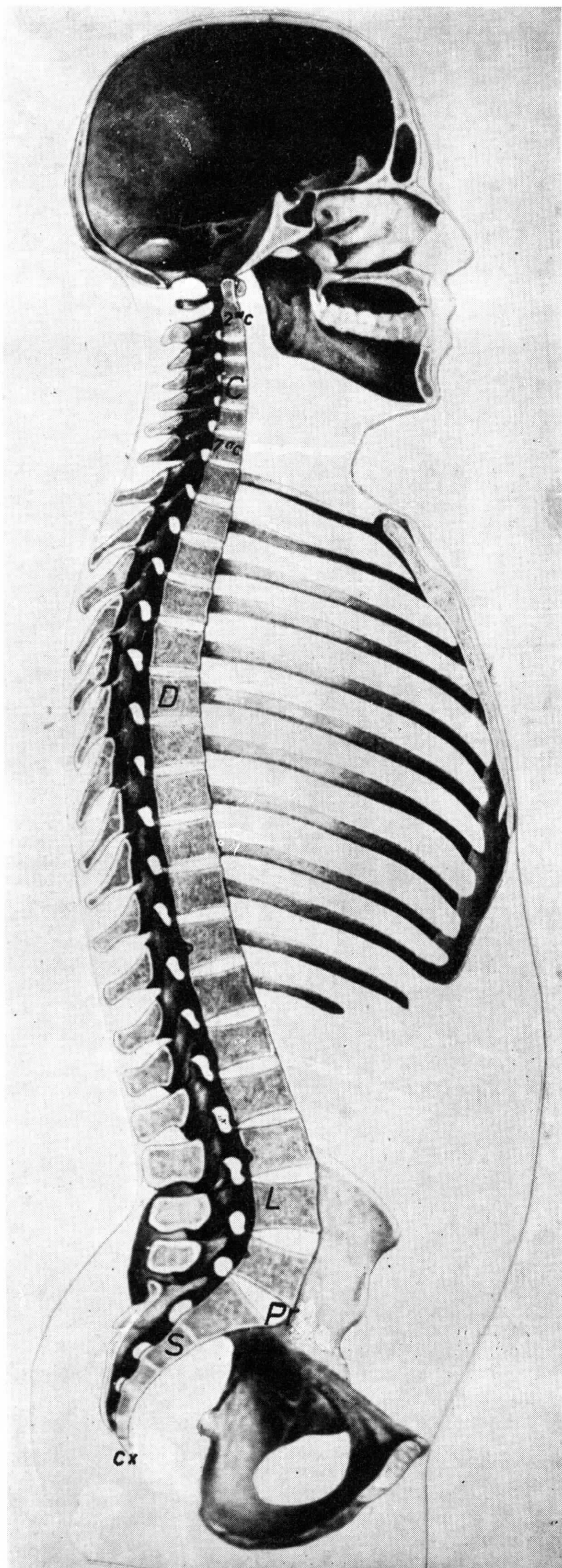
COLUMNA VERTEBRAL COMO EJE DE TRANSMISIÓN DE FUERZAS

Esta columna, integrada por la yuxtaposición de una serie de cuerpos de resistencia, ofrece aquella primitiva curvatura embrionaria que persiste a nivel de la región dorsal (D) y sacra (S) (fig. 141), pero está compensada por dos curvaturas nuevas en sentido contrario: la cervical (C) y la lumbar (L). La razón funcional de estas curvaturas es para mayor elasticidad y resistencia, pues, como sabemos por Física, la resistencia de una columna viene dada por la fórmula $R = C^2 + 1$ (R, resistencia; C, número de curvaturas). Por lo tanto, la resistencia de la columna vertebral humana es de 4 (número de curvaturas) al cuadrado, más uno, es decir, de diecisiete veces más de la que tendría si fuese recta.

La columna vertebral, de arriba abajo, se extiende, pues, por las regiones cervical, dorsal, lumbar, sacra y coxígea, integrada por piezas óseas independientes o vértebras.

La *vértebra* consta del *cuerpo* o cilindro de transmisión de resistencia y de *arcos* o *masa apofisaria destinada* a proteger el tubo nervioso y a recibir la atadura de músculos adyacentes.

Las *vértebras dorsales,* que son 12, abarcan toda la curvatura dorsal, ofreciendo cuerpos



cuyas superficies de confrontamiento son planas.

Las cinco *vértebras lumbares* comprenden toda la curvadura lumbar. Sus cuerpos, que también presentan superficies planas de confrontamiento, son cada vez más voluminosos conforme se desciende, pues mayor es el peso y la necesidad de sostén.

Las *vértebras sacras,* cinco en número, se encuentran soldadas y constituyen un amplio bloque, el *hueso sacro,* para sostener todo el peso y transmitirlo a las extremidades inferiores.

Las *vértebras cervicales,* siete en número, se ofrecen claramente formando cuerpos cada vez más pequeños, desde la séptima cervical hasta la segunda cervical. Esta vértebra se alarga considerablemente hacia arriba invadiendo el territorio de la primera, formando un verdadero eje vertical que da el nombre de *axis* a dicha vértebra; esta prolongación se la conoce concretamente con el nombre de *apófisis odontoides* (a causa de la comparación, que hacían los antiguos con un diente). Las superficies de confrontamiento de las vértebras cervicales (C) (fig. 140) están incurvadas hacia abajo y hacia adelante, a causa de una escotadura o fallo natural de la vértebra inferior a la interlínea; ello permite amplitud de movimientos de delante atrás, traducibles en flexión y extensión de la región cervical y, al mismo tiempo, una mayor garantía de adaptación mutua que evite la dislocación.

Vista de frente, la columna vertebral (figura 141) debe mostrarse recta teóricamente, observando los cuerpos de un tamaño progresivo conforme se acercan al sacro. En el sacro (S), el tamaño de los cuerpos llega al máximo, pero empieza a disminuir hasta el *coxis* (Cx); la parte más amplia del saco corresponde a sus *masas laterales* o aletas (Al), que son las que han de transmitir el apoyo vertebral a lo largo de las extremidades inferiores. Notemos en el sacro las interlíneas sacras de las cinco vértebras soldadas. En la región cervical debe de apreciarse las superficies de confrontamiento de sus cuerpos ver-

FIG. 141. — Corte sagital del esqueleto axil.

tebrales formando interlíneas cóncavas hacia arriba, a causa de dos ganchos laterales en la cara superior del cuerpo de cada vértebra. Esta interlínea posibilitará mejor los movimientos laterales de la columna vertebral cervical.

De esta suerte, la transmisión del peso de la cabeza a lo largo de líneas de fuerza por la columna vertebral, debe de tomar referencias en el apoyo que hace el esqueleto de la cabeza sobre esta columna. Así, la *superficie basilar* (bas) está conectada sobre el *peñasco* (Pe), mediante un puente óseo llamado *basioccipital* (BO), que es el que delimita el *agujero rasgado*, ya conocido a propósito del desarrollo embrionario. El puente óseo a que nos referimos envía a cada lado un apoyo que recibe el nombre de *cóndilo* (Co). Hacia este cóndilo apuntan las *masas laterales del axis* (L'), pero no llegan a contactar con él, por existir intermedias otras dos masas laterales (L), colocadas entre el axis y el cóndilo. Son las *masas laterales de la primera vértebra cervical*, hasta ahora no mencionadas, que como sendas columnas sostienen el peso de la cabeza. De aquí el nombre de *atlas* que se da a la primera vértebra cervical. La primera vértebra cervical, pues, consta de dos masas laterales (L) (figs. 143 y 144), unidas por un *arco anterior* (a) y un *arco posterior* (p). La apófisis odontoides del axis cae inmediatamente detrás del arco anterior. Así, el axis se dispone propiamente como segunda vértebra cervical.

Aparte de los cuerpos vertebrales que transmiten las líneas de fuerza, está el anillo, que se cierra por detrás del cuerpo, formando el llamado *arco neural de la vértebra tipo*. En el anillo vertebral (fig. 148), debemos de distinguir, además del cuerpo vertebral (Cu), los llamados *pedículos* (Pd); las *apófisis articulares* (Ar), que son cuatro para cada vértebra (dos superiores y dos inferiores) (ArS y ArI) (fig. 150); las *láminas* (Lm) y las *apófisis espinosas* (Esp) (fig. 148), que cierran el anillo por detrás totalmente.

Las APÓFISIS ESPINOSAS (Esp) (fig. 142) se dirigen hacia atrás y hacia abajo casi verticalmente en la región dorsal (D), porque así pueden recibir mejor la atadura de los músculos enderezadores. En la región sacra (S), las apófisis espinosas forman una línea continua para mejor sostén, quedando abierta inferiormente para constituir el llamado *hiato sacro* (Hia) (fig. 144), por donde aparece el conducto raquídeo que es un continente, limitado por los anillos vertebrales. En la región lumbar (L) (figs. 142 y 150), las apófisis espinosas (Esp) son horizontales y ocupan menos espacio para que el enderezamiento pueda dar más de sí. En la región cervical (C) (fig. 142), las apófisis espinosas están bifurcadas (esp) (fig. 144) para atadura de musculaturas que lateralicen la vértebra y produzcan también movimientos rotatorios, necesarios en esta región. Sólo la séptima cervical se muestra unituberosa (7.ª Esp) (fig. 144), pues establece también atadura para músculos enderezadores más que rotadores. Igual le va a ocurrir al arco posterior del atlas (fig. 144), que muestra un pequeño tubérculo representante de estas apófisis espinosas.

Las APÓFISIS ARTICULARES van a transmitir también peso estableciendo un confrontamiento muy directo entre cada dos contiguas que se articulan. Si partimos del cóndilo occipital (Co) (fig. 151), notemos que la transmisión a las masas del atlas (L) y a las masas del axis (L') se hace a «plomo», pero después las superficies articulares que siguen, correspondientes a las vértebras cervicales restantes, no son horizontales, sino que se inclinan cada vez hacia atrás y hacia abajo, por cuyo motivo la transmisión de la fuerza tendría que hacerse más hacia los cuerpos vertebrales. En la región dorsal, las superficies articulares son casi verticales; por lo tanto, aquí no procede hablar de transmisión de peso en sentido descendente, sino hacia el cuerpo de cada vértebra, a cuyos efectos la columna dorsal se ha hecho muy posterior a nivel de los cuerpos. En la región lumbar, las apófisis articulares son como en la región dorsal, pero las que forman la interlínea inferior de la articulación han abrazado totalmente a las que forman la interlínea superior, con lo cual estas apófisis quedan encarceladas y, así, la columna lumbar más sujeta.

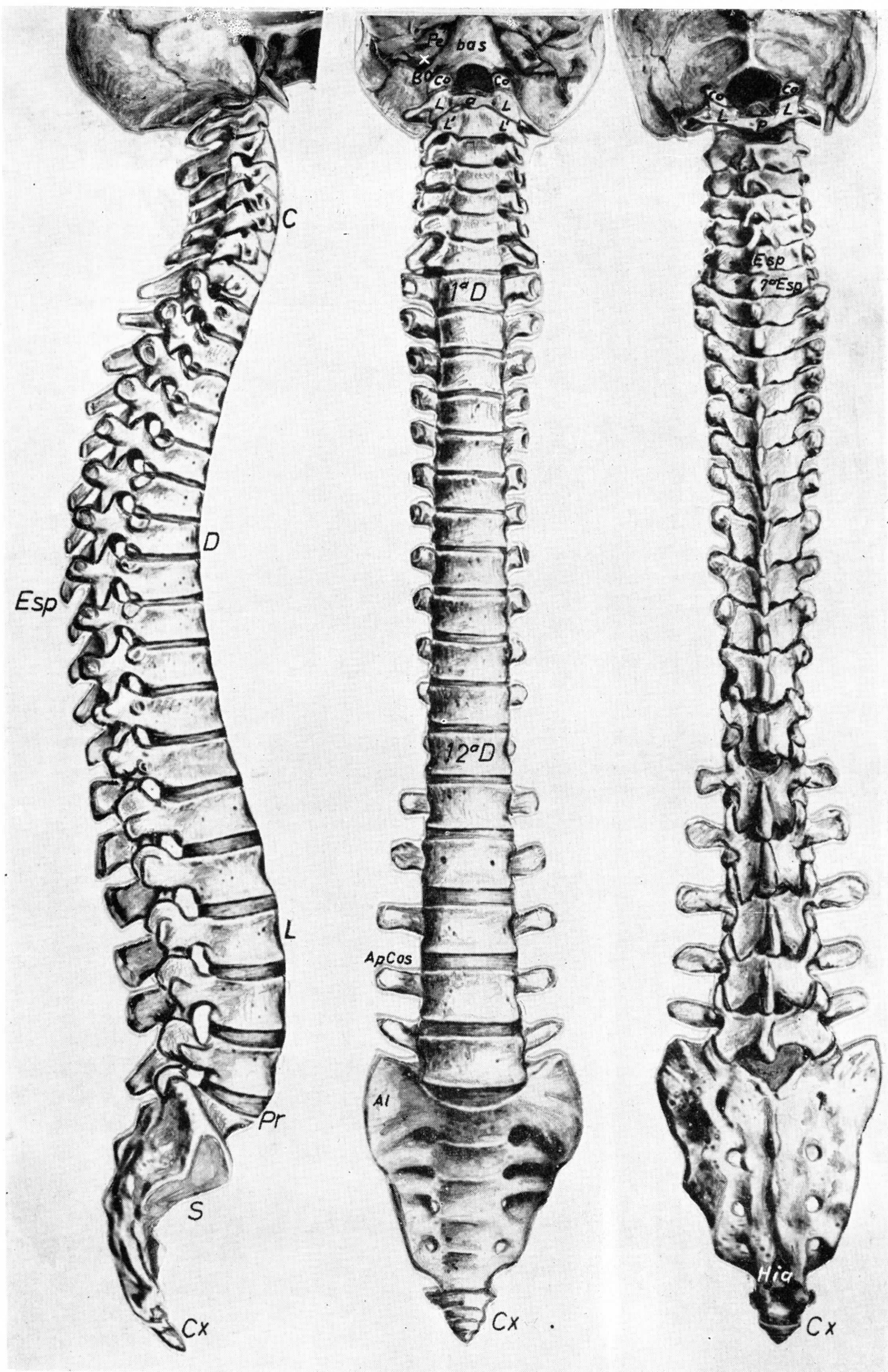


FIG. 142 FIG. 143 FIG. 144

FIG. 142. — Columna vertebral vista por su derecha. FIG. 143. — Columna vertebral vista por delante. FIG. 144. — Columna vertebral vista por detrás.

Los PEDÍCULOS o unión del cuerpo con las apófisis articulares son verdaderos puentes óseos, dispuestos horizontalmente a todo lo largo de la columna vertebral, dejando entre sí los llamados *agujeros de conjunción* para el paso de los nervios sensitivos y motores o raíces raquídeas que dependen del tubo nervioso que ha quedado encerrado dentro del conducto raquídeo. En la región sacra los agujeros de conjunción se han desdoblado en cuatro *agujeros sacros anteriores* (figura 143) y cuatro *agujeros sacros posteriores* (fig. 144), pues las masas laterales del sacro o aletas se han interpuesto con su gran volumen.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ENDEREZAMIENTO = RETROSOMA. *Columna vertebral.* EJE DE TRANSMISIÓN DE FUERZAS. Curvaturas vertebrales. Columnas cervical, dorsal, lumbar, sacra, coxígea. Cuerpos vertebrales. *Axis,* apófisis odontoides, masas laterales del axis. *Atlas,* masas laterales del atlas. Arco superior; arco posterior del atlas. *Vértebra tipo.* Pedículos; apófisis articulares; láminas; apófisis espinosas; anillo vertebral, agujeros de conjunción; agujeros sacros, anteriores y posteriores.

CAPÍTULO 24

COLUMNA VERTEBRAL COMO SOPORTE DEL ORGANISMO EN CRECIMIENTO = ARCOS VISCERALES. APÓFISIS TRANSVERSAS. LA VÉRTEBRA COMO INDIVIDUALIDAD ESQUELÉTICA DEL CRECIMIENTO. LA VÉRTEBRA COMO INDIVIDUALIDAD ARQUITECTÓNICA

COLUMNA VERTEBRAL COMO SOPORTE DEL ORGANISMO EN CRECIMIENTO

La misión de la columna vertebral como soporte está supeditada a aquella otra de transmitir fuerzas. El soporte se consigue mediante los ARCOS VISCERALES de la vértebra tipo, ya desarrollados y adaptados a cada región.

En la REGIÓN DORSAL se hacen necesarios los arcos viscerales más apremiantemente que en las demás regiones, pues aquí ha de constituir el tórax óseo (fig. 141). El arco visceral de una vértebra dorsal (fig. 147) se refiere a la *costilla* (Cos) y a un apoyo especial, la *apófisis transversa* (Tra), que le ofrece la vértebra. De esta suerte, la costilla se apoya, por una parte, en el vértice de la apófisis transversa, mediante una *faceta articular* donde encaja la tuberosidad de la costilla (ft); por otra parte, se apoya en el cuerpo vertebral mediante una *faceta para la cabeza de la costilla* (fc). Estos apoyos son más eficientes en las primeras vértebras dorsales porque las primeras costillas, que les corresponden, necesitan de más fijación que las siguientes. Así, la apófisis transversa de la primera vértebra dorsal (fig. 142) es muy desarrollada y tiene una carilla costal bien pronunciada. Las demás apófisis transversas se mantienen bastante desarrolladas, aunque no tanto como las primeras, disminuyendo sensiblemente de tamaño conforme descendemos. Esta disminución es bien ostensible (figura 150) a nivel de la décima dorsal y, sobre todo, de la 11.ª y de la 12.ª, pues en estas últimas son muy pequeñas porque las costillas aquí necesitan poco apoyo y, en cambio, mucho desplazamiento para la dilatación del tórax en la inspiración. Por lo que se refiere al apoyo de la costilla en el cuerpo vertebral, notemos que en las primeras es tan eficiente que el extremo de la costilla se mete en la interlínea de los cuerpos, con lo cual el encaje da gran solidez a la posición de la costilla. Una cosa parecida va ocurriendo en las costillas siguientes, pero el encaje que se realiza en la interlínea de los cuerpos no se hace tan marcado (fig. 142), si bien siempre cabe distinguir dos semifacetas que compongan un ángulo diedro entrante que recibe la cabeza de la costilla. En las últimas costillas, o sea, desde la 10.ª y, sobre todo, en la 11.ª y en la 12.ª, existe faceta en el cuerpo vertebral que recibe la cabeza de la costilla, pero ésta no está en la interlínea vertebral y, por lo tanto, no forma ángulo diedro, sino que se dispone como simple faceta a nivel del cuer-

po que corresponde (fig. 150). Todo ello corrobora la falta de fijación de las últimas costillas, pues sólo lo hacen en el cuerpo vertebral mediante una faceta simple, cosa que hace resaltar la gran movilidad que estas costillas últimas deben de poseer.

En la REGIÓN LUMBAR los arcos óseos viscerales no son tan necesarios, pues realizan soporte y atadura para partes blandas. Se encuentran también representados por una parte costal y una parte transversa, formando ambas cuerpo con la masa apofisaria de la vértebra (fig. 148). La parte costal recibe el nombre de *apéndice costiforme* (ApCos); la parte transversa queda detrás en forma del llamado *tubérculo mamilar* (Mm), situado junto a la apófisis articular superior (Ar), contribuyendo a ampliar la posibilidad envolvente de dicha apófisis articular. Estos apéndices costiformes tienen que mostrarse muy desarrollados (fig. 143), tanto más cuanto más nos aproximamos al sacro; por eso, la quinta vértebra lumbar muestra un apéndice costiforme que, a veces, se confunde con la masa lateral del sacro o aleta sacra (Al). Todo ello, para dar más consistencia y firmeza a la columna de esta región. Asomando un poco por debajo del apéndice costiforme (ApCos) (fig. 148)), está el llamado *tubérculo accesorio* (Ac). Este tubérculo accesorio, con el tubérculo mamilar ya indicado (Mm) (fig. 148), forman una masa conjunta representante de la apófisis transversa de la región lumbar y contribuirán como un tubérculo más a facilitar inserciones musculares para la misión de enderezamiento que en su día debe de estudiarse.

En la REGIÓN CERVICAL también se hacen necesarios los arcos viscerales, pero menos que en las regiones últimamente dichas. Encontramos representación (fig. 146) de la parte transversa (Tra) y de la parte costiforme (ApCos), lo que se traduce en dos tubérculos separados para inserciones musculares. Tal cosa puede ser advertida concretamente en la sexta vértebra cervical (fig. 146), así como en la quinta, cuarta y tercera. Por lo que respecta al axis (2.ª c) y, sobre todo, al atlas (figura 145), la apófisis transversa (Tra) es unituberosa y tiene que ser muy larga para que sirva de brazo de palanca en los movimientos laterales del cuello, tan manifiestos a nivel de estas vértebras. En cuanto a la séptima vértebra cervical, anotemos que hay una apófisis transversa y una pequeña costilla, si bien ésta es sólo ostensible durante el desarrollo embrionario; esta costilla se reabsorbe al final del desarrollo, no debiendo quedar vestigio en el adulto. Si por el contrario, persiste, entonces se muestra como una *séptima costilla cervical,* cuyo tamaño es suficiente para irritar los nervios que componen el plexo braquial y producir trastornos ostensibles clínicamente.

Interesa aquí hacer notar que el riego de la columna vertebral y del sistema nervioso allí alojado se hace fácilmente desde la aorta, ya conocida a propósito del desarrollo embrionario, enviando ramas a la región dorsal y lumbar. La parte cervical, en cambio, no tiene fácil riego desde las redes arteriales primitivas, pues la carótida está muy alejada de la columna vertebral. De aquí que, en un determinado período de desarrollo embrionario, se forme una nueva arteria, la vertebral, que se desprenderá del arco aórtico primitivo y ascenderá entre los tubérculos costiforme y transverso de las vértebras cervicales, siguiendo también en el espesor de las apófisis transversas del axis y del atlas. A este propósito, en todas las apófisis transversas cervicales, salvo la séptima, existe el orificio óseo para el paso de la arteria vertebral, llamado *agujero transverso* (véase en las figuras 145 y 146).

El crecimiento de la columna vertebral debe realizarse en cada vértebra y en todas sus partes componentes de una manera apropiada. Así, el cuerpo vertebral crecía merced a una matriz dispuesta esferoidalmente, que provoca expansión ostensible por fuera de la misma para constituir las esquinas del cuerpo, como ya se conoce por Embriología (figura 122). Además, cada masa apofisaria tiene una matriz análoga cuya forma quiere hacerse ovoide, si bien con más dificultad que en el caso de la vértebra. Esta matriz provoca crecimiento por fuera de la masa para constituir esquinas apofisarias. Tenemos en tercer lugar una matriz de conjunción entre la

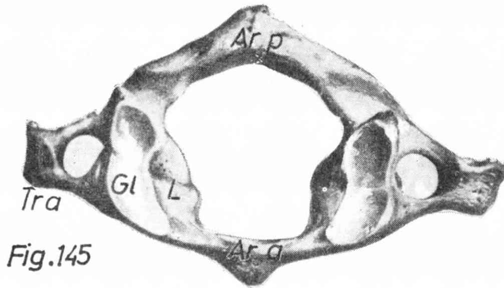


Fig. 145

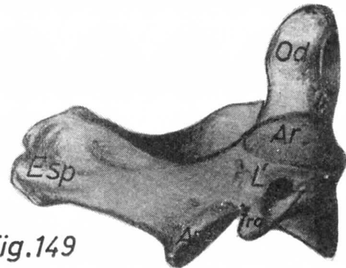


Fig. 149

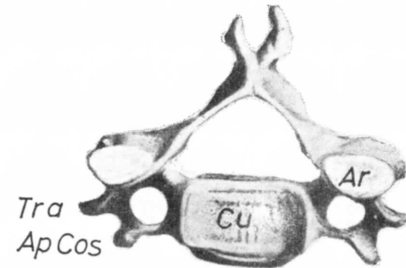


Fig. 146

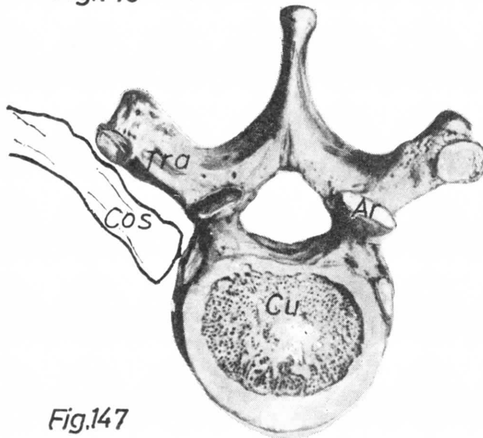


Fig. 147

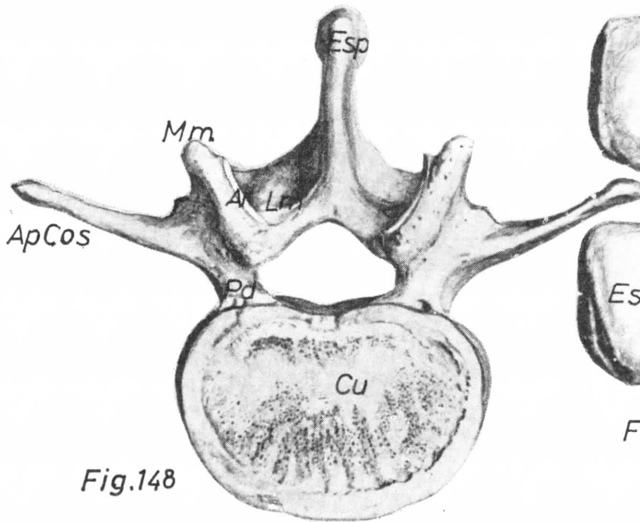


Fig. 148

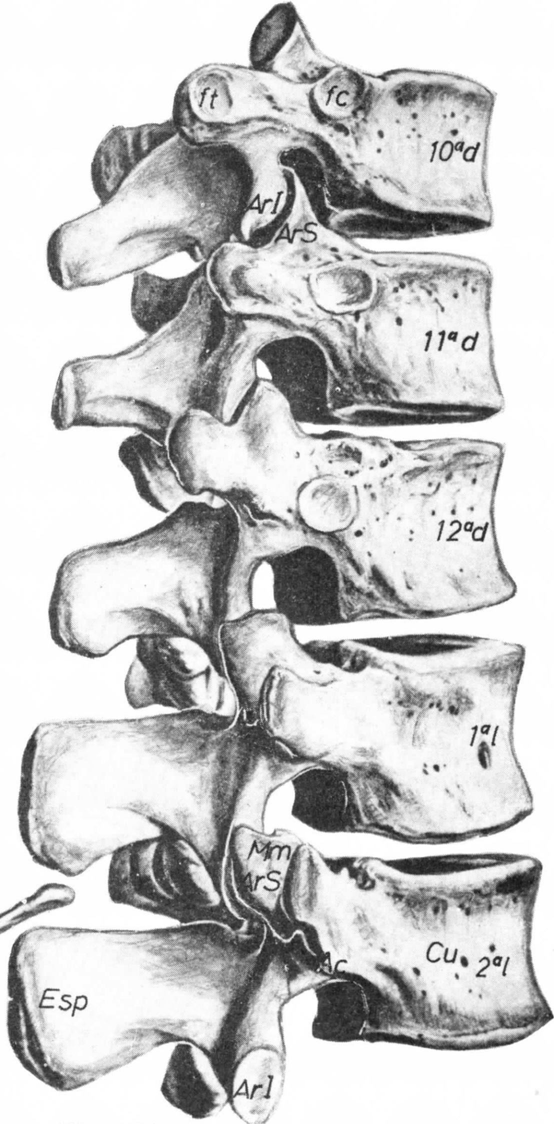


Fig. 150

FIG. 145. — Atlas visto superiormente.

FIG. 146. — Vértebra cervical en general vista por arriba.

FIG. 147. — Vértebra dorsal en general vista por arriba.

FIG. 148. — Vértebra lumbar en general vista por arriba.

FIG. 149. — Axis visto por su derecha.

FIG. 150. — Parte de columna dorsolumbar vista por su derecha.

←

→

FIG. 151. — Transmisión de las líneas de fuerza a lo largo de la columna vertebral. Nótese cómo las líneas llegan al cóndilo occipital (Ço) en su mayor parte, desde la apófisis basilar (Bas), pasando por las masas laterales del atlas (L) y después por las del axis (L'), desdoblándose aquí en dos caminos descendentes: uno sigue los cuerpos vertebrales, otro se transmite por las masas de las apófisis articulares. La transmisión por las apófisis articulares vuelve a los cuerpos a nivel de las primeras vértebras dorsales, pero es devuelta nuevamente a las apófisis articulares a nivel de las últimas dorsales. A nivel del sacro la transmisión articular vuelve a reunirse con la de los cuerpos, siguiendo después por la aleta sacra hacia el miembro inferior.

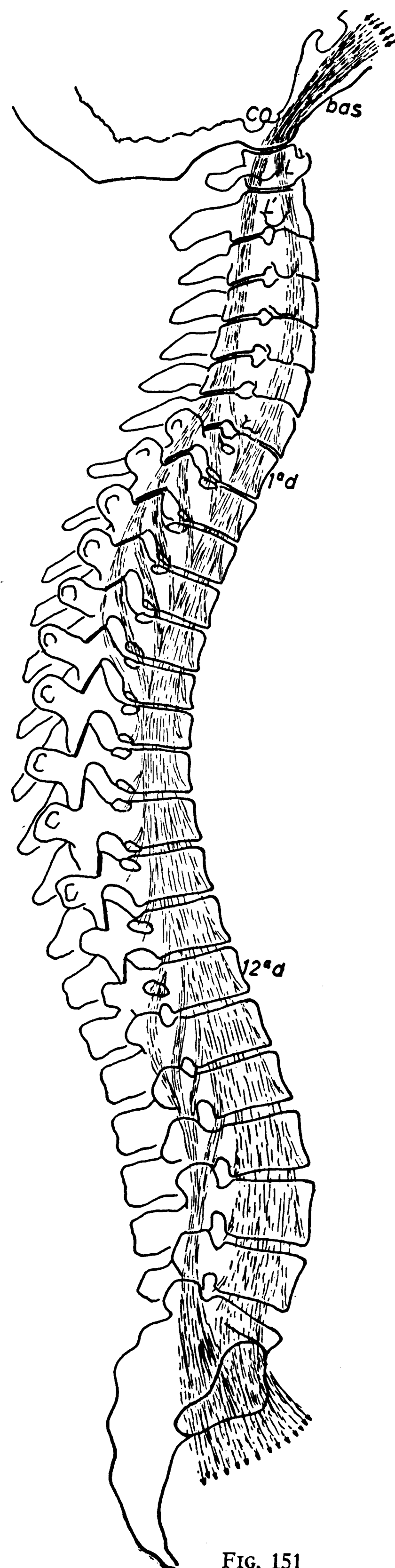


FIG. 151

del cuerpo y la de la masa apofisaria que conecta a ambas, estando situada en el pedículo. Gracias a estos tres grupos de matrices, el crecimiento de la vértebra se realiza en todas sus direcciones y se agranda paralelamente el agujero vertebral del conducto raquídeo. En estas condiciones la vértebra forma una *unidad en crecimiento.*

La vértebra en estado adulto forma una *unidad arquitectónica* con todos sus componentes (cuerpo, pedículos, láminas, apófisis articulares y apófisis transversas) envolviendo al agujero vertebral. Las líneas de fuerza, transmitidas no solamente en la dirección de la columna vertebral, sino en dirección cruzada por sus apófisis transversas y, en general, de sus arcos viscerales, forman encrucijada en el cuerpo y en la masa apofisaria de cada vértebra.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

COLUMNA VERTEBRAL COMO SOPORTE DEL ORGANISMO EN CRECIMIENTO. ARCO VISCERAL. *Apófisis transversa.* Facetas costales. Apéndices costiformes. Tubérculo mamilar, tubérculo accesorio. Masas laterales del sacro. Faceta auricular. Séptima faceta cervical. Tubérculos anteriores y posteriores, transversos cervicales. *Vértebra en crecimiento. Matrices* del cuerpo vertebral. Matrices de la masa apofisaria. Matrices de conjunción. *Vértebra como unidad arquitectónica.*

CAPÍTULO 25

ARTICULACIONES DE LA COLUMNA VERTEBRAL. ANFIARTROSIS VERTEBRALES. ARTRODIAS VERTEBRALES. ARTICULACIONES OCCÍPITO-ATLO-AXOIDEAS

La columna vertebral en estado de enderezamiento sabemos que sirve para *transmitir el peso en vertical* y para *sostener el organismo en crecimiento.* Estas capacidades ofrecen un amplio margen a causa de la multitud de vértebras componentes, lo cual da lugar a numerosas ARTICULACIONES.

La *articulación fundamental de las vértebras se refiere al cuerpo,* estableciéndose una *anfiartrosis.* Por lo tanto, aquí es necesario que entre las superficies planas de confrontamiento (fig. 152) exista un *disco intervertebral* (Dis) que sea macizo y fibroso para buena atadura de las superficies donde se adapta. El grosor del mismo es aproximadamente el tercio del de la vértebra; por eso, su deformabilidad, al ser comprimido, permitirá movimientos a las vértebras, más apreciables de lo que en un principio podría suponerse. En los individuos de gran elasticidad de movimientos, el disco tiende a hacerse gelatinoso en su centro. En esta parte, además, puede existir algún resto de notocorda, reavivable en el estado adulto, capaz de producir trastorno. Además del disco, existe el llamado *ligamento vertebral común anterior* (VcA) y el vertebral común posterior (VcP), que sujetan los cuerpos, encontrándose este último en el interior del conducto raquídeo.

Las vértebras ofrecen otras *articulaciones de misión un tanto accesoria,* como corresponde a las apófisis articulares y pertenecen al grupo de las *diartrosis.* Las superficies de confrontamiento, planas por lo general (figura 150) (ArS, ArI) y lubrificadas por la sinovia, perfectamente encerrada, permiten pequeños movimientos de deslizamientos. Esta diartrosis recibe, por eso, el nombre de *artrodia.* Ligamentos de sujeción de esta articulación no existen funcionalmente, pero anatómicamente, aparte de la cápsula de envoltura, se denuncian fibras *interespinosas* (LExp) (fig. 152), *interlaminares* (Lm) e *in-*

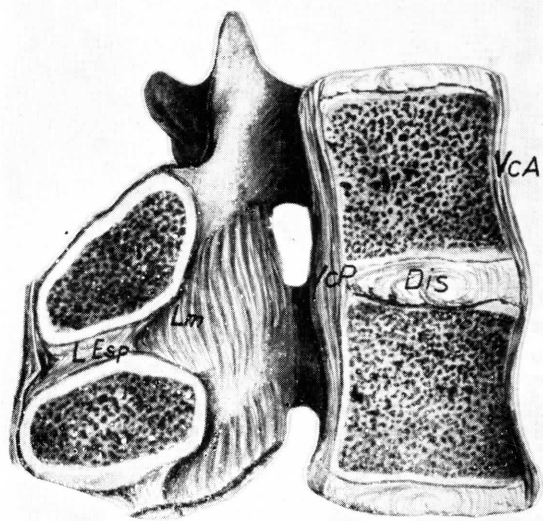


FIG. 152. — Corte sagital de dos vértebras articuladas.

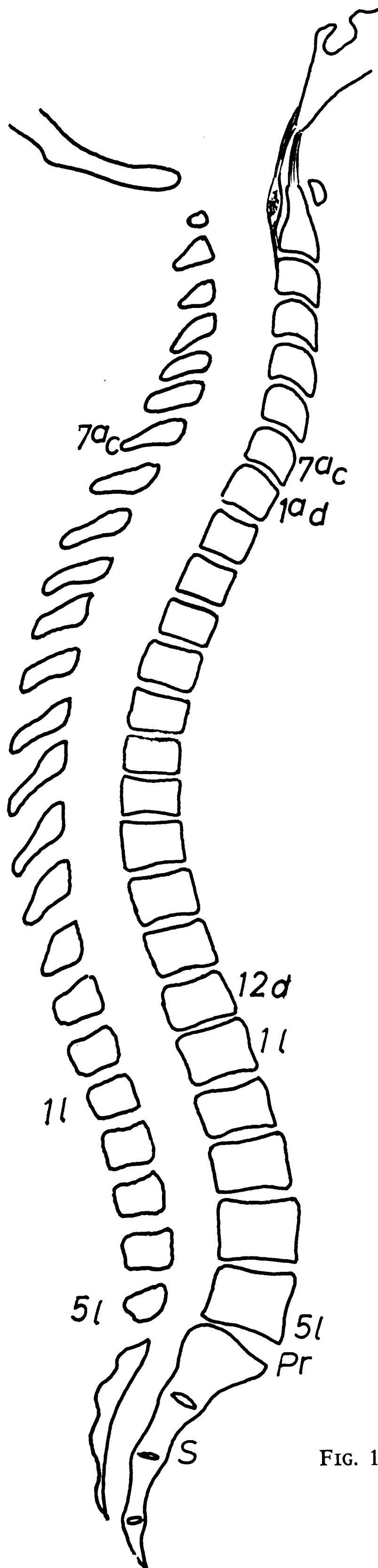


Fig. 153

tertrasversas infiltradas de grasa, que realizan muy poca sujeción. La infiltración grasienta de estas fibras llega al máximo en la parte interlaminar; por eso, aquí se les conoce clásicamente con el nombre de *ligamentos amarillos.*

La columna vertebral, en conjunto (figura 142), ofrece en sucesión las anfiartrosis de sus cuerpos vertebrales y las artrodias de sus apófisis articulares. El *ligamento vertebral común anterior* y el *ligamento vertebral común posterior* (fig. 152) se extienden a todo lo largo, debiendo alcanzar ampliamente la lámina basilar (Bas). Notemos que los discos intervertebrales no pueden ser planos a nivel de la región cervical, sino que se incurvarán con arreglo a las superficies de confrontamiento de las interlíneas que les corresponden (fig. 153).

Sobre la apófisis odontoides del axis no puede haber disco intervertebral que lo continúe con la lámina basilar (figs. 153 y 154), sino un *ligamento basioodontoideo* (X), que visto de frente (X) (fig. 156), se disocia en abanico entre los dos cóndilos del basioccipital. Las masas laterales del axis (L') (figura 156) son las que van a recibir el peso de los cóndilos occipitales, pero por intermedio de las masas laterales del atlas (L). De esta suerte se constituyen en esta zona articulaciones sucesivas entre tres piezas óseas independientes, de las cuales la parte occipital y el axis se encuentran unidas mediante los ligamentos basioodontoideos; en cambio, el atlas, intermedio, no ofrece una sujeción de por sí eficiente, lo cual llevaría a la luxación si fallase lo demás.

Distingamos la *articulación occipitoatloidea,* cuyas superficies articulares de los cóndilos (Co) (fig. 156) occipitales confrontan con las cavidades glenoideas de las masas laterales del atlas (Gl). La interlínea corresponde a una esfera con un centro superior de curvatura (X) (fig. 157), común a toda la superficie articular. La esfera que corresponde tiene, pues, un centro común, pero la

←
Fig. 153. — Esquema de columna vertebral articulada en corte sagital.

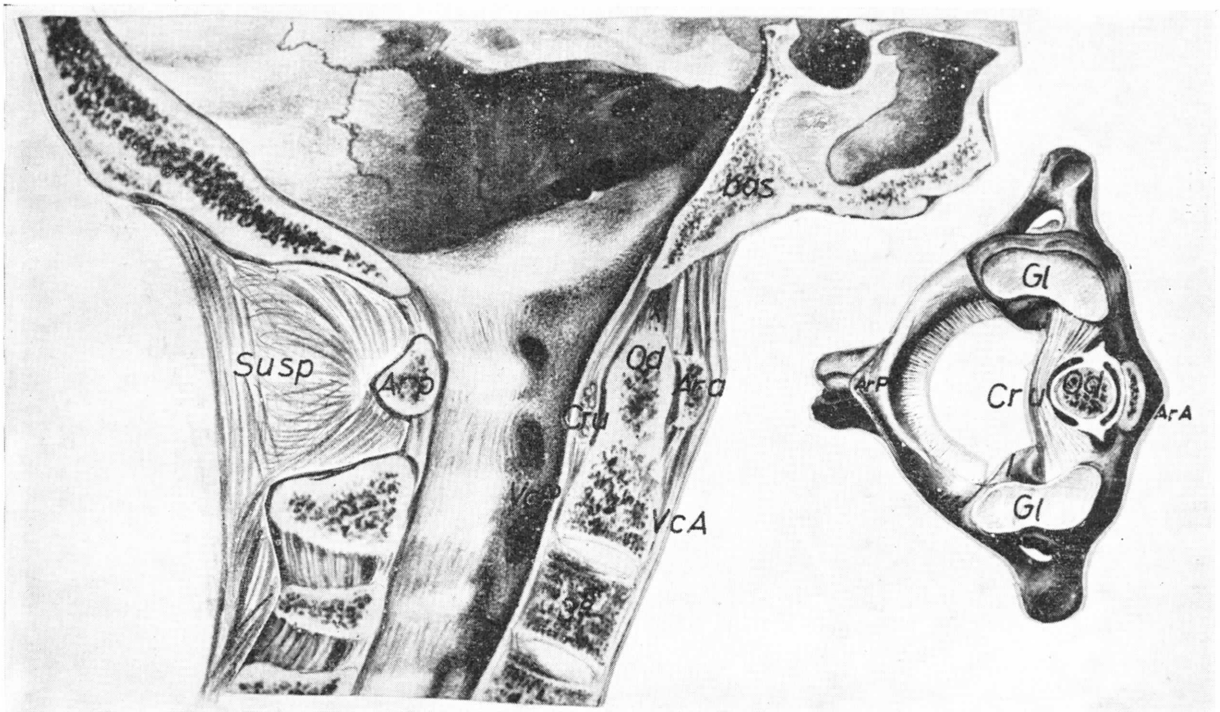


FIG. 154. — Corte sagital de las articulaciones altas de la columna vertebral.

FIG. 155. — Trocoide atlo-odontoidea vista superiormente.

superficie de deslizamiento no es continua, sino fragmentada a cada lado, para formar dos *cóndilos;* así, entre los dos cóndilos queda un espacio intercondíleo para mejor alojamiento del tubo nervioso. Como estas interlíneas resbalan merced al líquido sinovial, perfectamente encerradas en la *cavidad glenoidea* de cada lado, se trata de una diartrosis; por otra parte, como los movimientos de deslizamiento de toda esfera tienen la máxima amplitud, este tipo de articulaciones puede ser funcionalmente una *enartrosis,* o sea, interlíneas esféricas, aunque anatómicamente se ofrezcan bicondíleas. A este propósito, los movimientos de una enartrosis y, por lo tanto, los de la cabeza con el atlas en este lado, son de flexión, extensión, lateralidad, así como también el de circunducción, que resume a los cuatro anteriores movimientos indicados. También hay que considerar el movimiento de rotación, si bien a propósito de la misma articulación a que nos referimos (la cabeza del atlas) estos movimientos son muy limitados, ya que se expresan con su máxima amplitud a propósito de la articulación del atlas con el axis.

La *articulación atloaxoidea* ofrece rotación fundamentalmente. Para ello tenemos un cilindro que sirve de eje, correspondiente a la *apófisis odontoidea* (Od) (fig. 155), la cual está mantenida en su posición por los *ligamentos basioodontoideos* (X) (figs. 152 y 156), ya conocidos.

El cilindro a que nos referimos está envuelto por un *anillo osteofibroso* integrado por el arco interior del atlas (ArA) (figs. 154 y 155), sus masas laterales (L) así como el llamado *ligamento transverso* (Cru). De esta manera se establece otra diartrosis, por tanto con líquido sinovial encerrado entre el cilindro y el anillo. Dicha diartrosis ofrece exclusivamente movimientos de rotación; por eso, recibe específicamente el nombre de *trocoide.* Ésta obliga a la coexistencia de una nueva articulación que soporte el atlas, por cuyo motivo hay que distinguir una *artrodia*

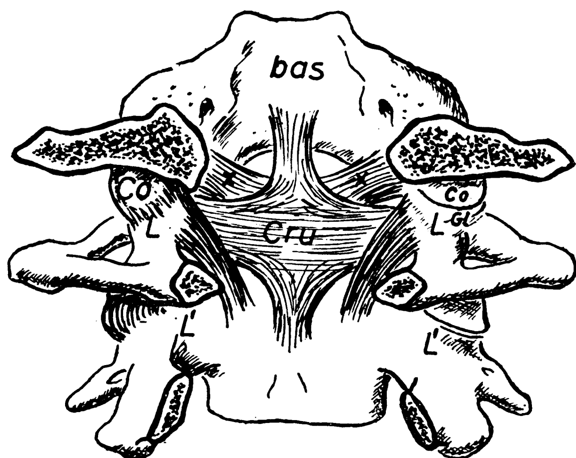


FIG. 156. — Esquema de las articulaciones altas de la columna vertebral, abordándolas por el conducto raquídeo, después de haber resecado el arco posterior de atlas, así como el ligamento vertebral común posterior y otros refuerzos ligamentosos que ocultaban el ligamento crucial. Así, el ligamento crucial (Cru) aparece de plano. Igualmente se notan las irradiaciones en abanico del ligamento basioodontoideo (X).

entre las masas laterales del atlas (L) (figura 156) y las del axis (L').

Las articulaciones occipitoatloidea y occipitoaxoidea ofrecen hasta ahora, como fijación, los ligamentos basioodontoideos (X) (fig. 152). Existen además otros ligamentos con el mismo fin: está el ligamento transverso, ya conocido a propósito de la trocoide, que emite una prolongación basilar ascendente y una axoidea descendente, estableciendo así una mayor amplitud de fijación, haciendo tomar al ligamento transverso un aspecto «crucial» (Cru). Por detrás de la prolongación crucial del ligamento transverso está un refuerzo sobreañadido, un tanto independiente. Por último, tapizando este refuerzo por detrás, se encuentra el ligamento vertebral común posterior (VcP), que los rebasa insertándose en la apófisis basilar. Lo mismo podemos decir del ligamento vertebral común anterior (VcA), el cual asciende inserto en todos los cuerpos vertebrales y, por lo tanto, también en el arco anterior del atlas (ArA), saltando de aquí hasta la lámina basilar (Bas), con lo cual tapiza por delante todo el manojo ligamentoso indicado.

Aunque carente en el hombre de significado ostensible, pueden citarse los *ligamentos interespinosos,* que en la región cervical se espesan y constituyen un tabique flojo llamado impropiamente *ligamento suspensorio* (Susp) (figura 154), que va a llegar hasta la concha occipital. Este ligamento, en el hombre, no limita lo más mínimo los movimientos que puedan corresponder a la cabeza; sólo sirve de referencia como tabique sagital de la región.

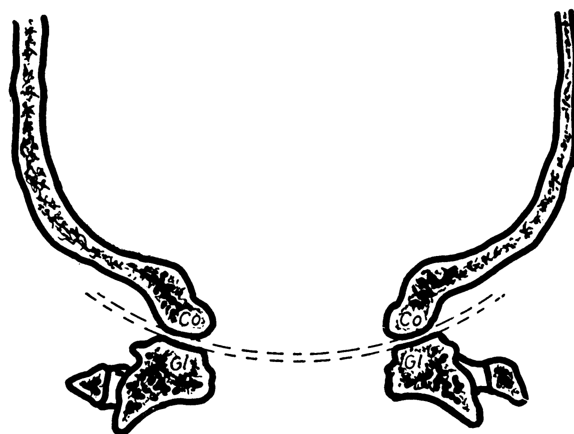


FIG. 157. — Esquema que compone una esfera articular a expensas de los cóndilos occipitales de cada lado.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ARTICULACIONES DE LA COLUMNA VERTEBRAL. *Anfiartrosis* de los cuerpos vertebrales: disco, ligamento vertebral común anterior y ligamento vertebral común posterior. *Artrodias* de las apófisis articulares. Ligamentos interlaminares. Intertransversos, interespinosos. Suspensión basioodontoidea. Articulación *occipitoatloidea.* Glenoides y cóndilos. *Enartrosis.* Articulación *atloaxoidea. Trocoide.* Ligamento transverso y ligamento crucial.

CAPÍTULO 26

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DEL RETROSOMA. SISTEMAS NEUROMUSCULARES INTRÍNSECOS DEL RETROSOMA = ENDEREZAMIENTO DEL RETROSOMA PROPIAMENTE DICHO. PEQUEÑOS MÚSCULOS DE LA NUCA. TRANSVERSO-ESPINOSO. TRÍCEPS ESPINAL Y DERIVACIONES

Los SISTEMAS NEUROMUSCULARES DEL RETROSOMA son agrupaciones de nervios y músculos destinados al enderezamiento. Unos conservan la metamería y su situación de origen, realizando un enderezamiento de la espalda. Otros han emigrado al retrosoma y generalizan el enderezamiento a las zonas de procedencia.

SISTEMAS NEUROMUSCULARES INTRÍNSECOS DEL RETROSOMA

En un principio, las musculaturas son cortas y se extienden profundamente por los niveles somíticos, donde han nacido. Más tarde, algunas de estas musculaturas se extienden a lo largo, más en superficie, para formar tiras de más extensa amplitud enderezadora. Por eso, las musculaturas retrosómicas que prevalecen profundamente en el adulto son cortas; en cambio, las superficies son más largas y extensas. No obstante, la inervación conserva un matiz metamérico fundamental dependiente de su raíz raquídea (RR) (figs. 158, 159 y 160).

A este propósito, el tubo nervioso embrionario (fig. 158) emite metaméricamente raíces raquídeas (RR), las cuales terminan en el miómero, que en seguida se desdobla en una masa retrosomática (Ret) y otra presomática (Pre). Poco después, las musculaturas retrosomáticas (Ret) (fig. 159) se concentran en un grupo intrínseco del retrosoma que contrasta con otro grupo que viene emigrando desde el presoma (Emigr) (flecha). En el adulto (fig. 160), las raíces raquídeas (RR) ofrecen claramente su bifurcación en un nervio retrosomático (nRet) y otro presomático (nPre).

Las musculaturas *retrosomáticas profundas* mantienen enderezadas las zonas de columna vertebral, que habían quedado débiles, por no poseer ligamentos eficaces de sostén (fig. 161). Tal ocurre en la nuca, donde el occipital, el atlas y el axis deben de mantenerse bien unidos. A este fin, existen los músculos *recto posterior menor* (Rm) (figura 160), que tira de la concha occipital hacia el tubérculo posterior del atlas, y el *recto posterior mayor* (RM), que tira igualmente de la concha occipital hacia la apófisis espinosa del axis. Ahora hace falta, además, que el atlas mantenga su arco anterior siempre

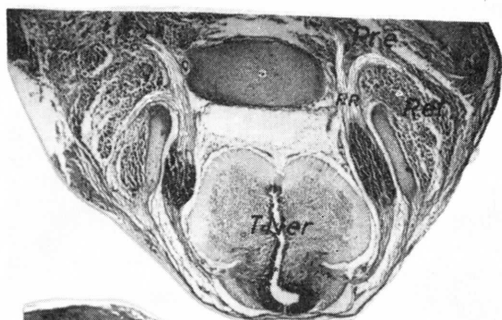


FIG. 158. — Retrosoma del embrión humano de 14 mm de longitud.

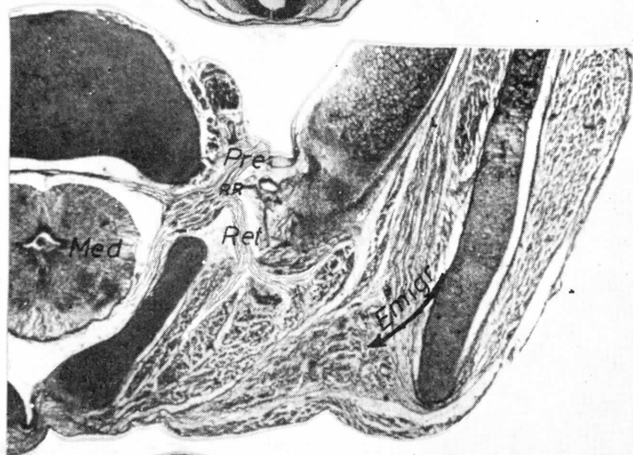


FIG. 159. — Retrosoma del embrión de 40 mm de longitud.

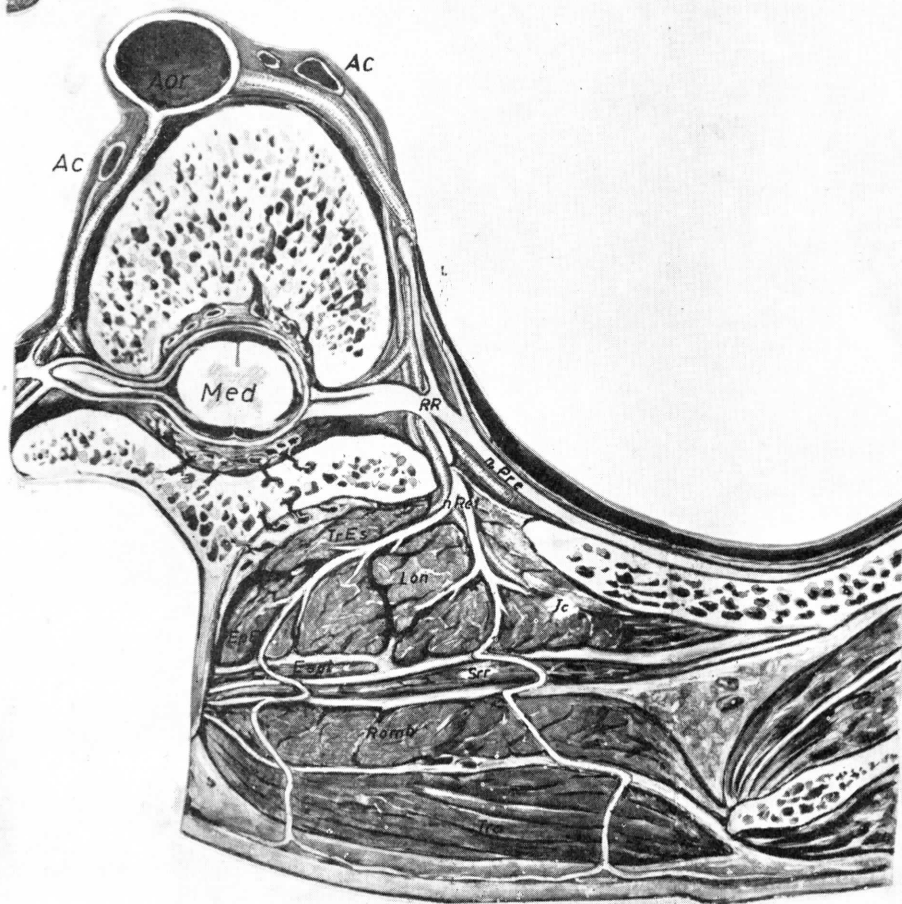


FIG. 160. — Sección transversal de retrosoma adulto.

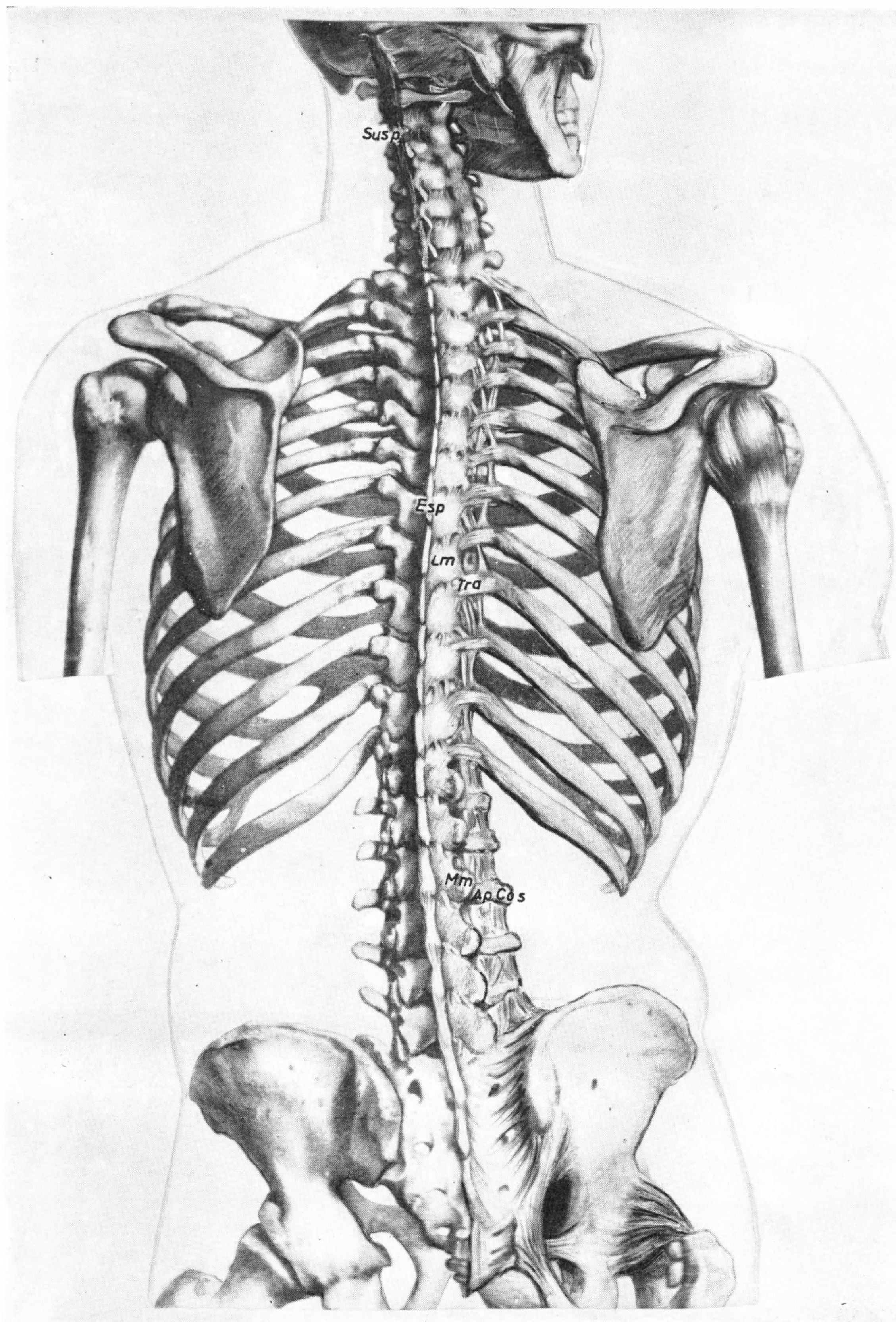


FIG. 161. — Bases esqueléticas del retrosoma destinadas a ataduras musculares. Obsérvese una escoliosis posicional de la columna vertebral por perder su apoyo en la extremidad inferior izquierda. Ello obliga a una compensación hacia la derecha de la columna dorsal alta.

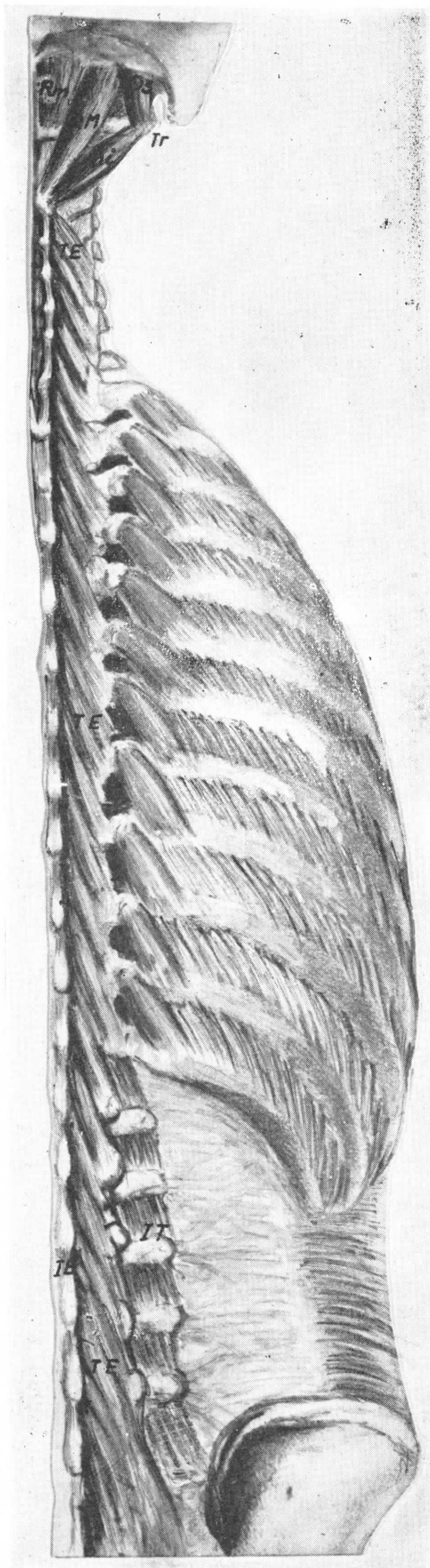


FIG. 162

adaptado a la apófisis odontoides del axis, para lo cual su apófisis transversa (Tr) (figura 160) debe ser traccionada hacia atrás; para ello son necesarios músculos en dirección oblicua, como el *oblicuo inferior* (Oi), que desde la apófisis transversa del atlas (Tr) se dirige a la espinosa del axis, y el *oblicuo superior* (Os), que desde la transversa del atlas termina en la concha occipital, confundiendo aquí sus inserciones con las del recto mayor. De esta suerte quedan constituidos los CUATRO PEQUEÑOS MÚSCULOS DE LA NUCA, cuya misión es mantener la unión tónica de cabeza, atlas y axis en debida posición.

Tenemos más musculatura profunda de fibras cortas, que mantienen adaptadas las restantes piezas de la columna vertebral, merced al tono de sus fibras. Tales son los llamados músculos *transverso espinosos,* los cuales empiezan a partir de un fascículo que desde la apófisis espinosa del axis va a la transversa de la primera dorsal. El músculo transverso espinoso en realidad es un abanico, que desde varias apófisis espinosas va a una sola apófisis transversa de nivel inferior. Por eso, el fascículo transverso espinoso, que concretamente hemos indicado, desde la espinosa segunda cervical a la primera transversa dorsal tiene que ir acompañado de más fascículos que lleguen a dicha primera apófisis transversa dorsal, pero que se extienda desde la tercera, cuarta, quinta, sexta y séptima apófisis espinosa cervicales constituyendo un abanico «multiespinoso-unitransverso», cuyas fibras más superiores ofrecen un dominio enderezador y cuyos fascículos más inferiores ofrecen un dominio rotador. Este abanico «multiespinoso-unitransverso» que asignamos a la primera transversa dorsal, tenemos que irlo repitiendo por cada apófisis transversa siguiente y, por lo tanto, desde la primera dorsal hacia abajo, agotando toda la región dorsal, para continuar después en la región lumbar formando abanicos cuyos vértices están en la representación de las apófisis transversas, o sea, en el tubérculo mamilar; siguiendo después por la región

←
FIG. 162. — Pequeños músculos retrosomáticos.

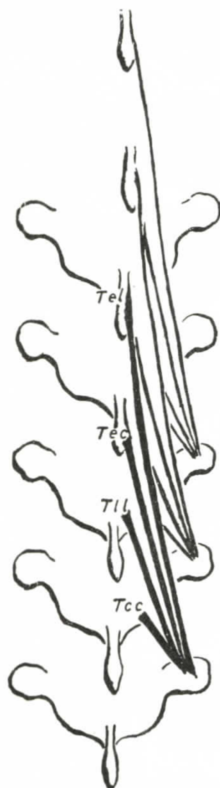


FIG. 163. — Esquema del músculo transverso espinoso. Transverso espinoso largo: enderezador (Tel). Transverso espinoso corto: enderezador (Tec). Transverso laminar largo: rotador (Tll). Transverso laminar corto: rotador (Tlc).

sacra, resumiéndose el abanico en los tubérculos sacros conjugados que están por dentro de los agujeros sacros posteriores y que también representan apófisis transversas. Así queda constituida una larga tira formada a expensas de sus sucesiones de fibras en abanico, unas enderezadoras y otras rotadoras de las piezas vertebrales (fig. 163). Esta larga tira ofrece en superficie los fascículos transversoespinosos largos, quedando en profundidad los cortos.

La inervación de todas las musculaturas retrosomáticas se hace metaméricamente. A este fin, desde la médula espinal (Med) (figura 160), que representa al tubo nervioso en el adulto, parten *nervios sensitivomotores*, formando *raíces raquídeas* (RR), ya co-

→

FIG. 164. — Nervios e irrigación del retrosoma en la profundidad.

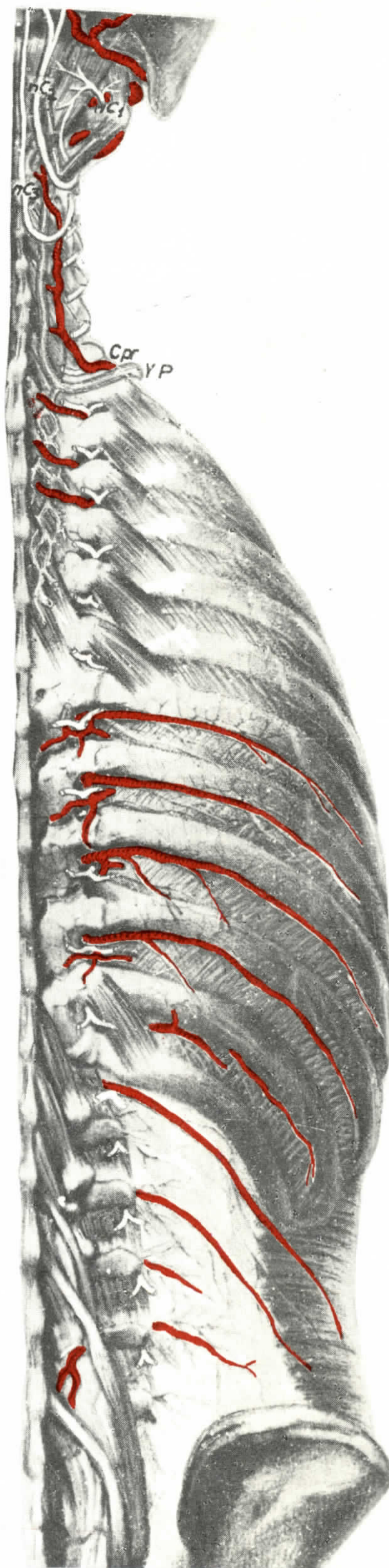


FIG. 164

nocidas, las cuales, a nivel del agujero de conjunción, se dividen en un *nervio retrosomático* (n ret) y otro *presomático* (pre). El nervio retrosomático aparece en todos los niveles somíticos y, por lo tanto, intervertebrales (fig. 164), dirigiéndose hacia atrás para inervar las musculaturas transverso espinosas. El primer nivel cervical corresponde al *primer nervio retrosomático cervical* (nCl), que debe de distribuirse por los pequeños músculos de la nuca. El segundo nervio retrosomático cervical (nC2) y el tercero (nC3) no tienen apenas musculatura transverso espinosa por inervar; por lo tanto, quedan disponibles para inervar poderosas musculaturas superficiales pendientes por estudiar.

Cubriendo las pequeñas musculaturas de profundidad, existen otras *musculaturas superficiales* de más longitud y más eficaz acción enderezadora. Estas musculaturas se disponen en tres tiras alargadas: la EPIESPINOSA (EpE) (fig. 165), que se inserta en las primeras apófisis espinosas dorsales tirando de ellas hacia las últimas dorsales y primeras lumbares, donde se inserta inferiormente. El MÚSCULO LONGÍSIMO DEL DORSO (Ld), inserto longitudinalmente en apófisis transversas dorsales desde las primeras, descendiendo verticalmente, siempre inserto en apófisis transversas y, por lo tanto, en tubérculos mamilares de las vértebras lumbares que las representan y llegando inferiormente a expansionarse por toda la zona sacra. Por último, tenemos el llamado MÚSCULO ILIOCOSTAL (IC), que inserto en costillas desde la primera hasta la última, continúa después por los apéndices costiformes lumbares, acabando en el hueso coxal en el momento en que se adapta al sacro. Estas tres masas longitudinales enderezan al retrosoma, atándose en las zonas óseas indicadas, dando en consecuencia al enderezamiento un matiz un tanto lateral en relación con la posición más o menos lateralizada del fascículo muscular correspondiente. Dichas masas, además, por debajo tienden a reunirse, constituyendo la llamada MASA COMÚN SACROLUMBAR. Por eso, la masa común sacrolumbar se la considera con tres cabezas, que son las tres tiras indicadas, circunstancia que permite dar el nombre de *tríceps espinal* (fig. 165).

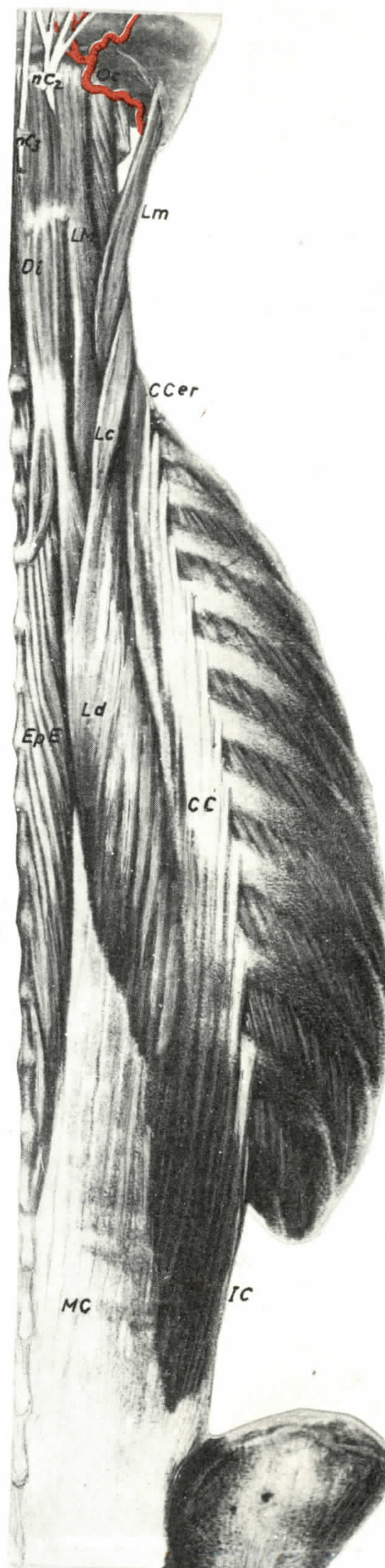
Por parte del cuello y de la cabeza, el tríceps espinal tiene representación para cada una de sus tres tiras componentes: el EPIESPINOSO que correspondía al dorso se continúa hacia la concha occipital con el llamado *epiespinoso de la cabeza*, cuyas largas fibras musculares ofrecen un tendón intermedio, circunstancia que le vale el nombre de *digástrico de la nuca* (Di). El LONGÍSIMO DEL DORSO (Ld), ya estudiado, ofrece representación en el cuello a base del *longísimo del cuello* (Lc), que inserto en últimas apófisis transversas cervicales va a primeras apófisis transversas dorsales. De este músculo tenemos también representación en la cabeza, a base del *longísimo menor de la cabeza* (Lm), que desde la mastoides termina en apófisis transversas cervicales. Más representación de esta tira longísima la ofrece el *longísimo mayor de la cabeza* (LM), más amplio que el longísimo menor y, por lo tanto, inserto en apófisis transversas cervicales y dorsales, pero atándose superiormente hacia el centro de la concha occipital, por cuyo motivo la acción enderezadora que este músculo ejerce tiene un ligero matiz rotador.

El ILIOCOSTAL (IC), ya estudiado, tiene su representación en el cuello mediante fibras *costocervicales* que llegan hasta las últimas apófisis transversas cervicales, constituyéndose así en músculo costocervical (CCer) (figura 163). También existe representación en la cabeza a base de fibras que se insertan en la mastoides, en la transversa del atlas y en la del axis fundamentalmente, que han quedado hasta ahora libres, dirigiéndose desde aquí el músculo en forma de lámina a buscar inserciones inferiores. Estas inserciones las consigue en las apófisis espinosas de las últimas vértebras cervicales y de las primeras dorsales; para ello, el músculo ha tenido que reflejarse y cubrir como un manto al epiespinoso y los longísimos de esta región. Por eso, recibe el nombre de músculo *esplenio* (Espl) (fig. 166), cuya misión enderezadora y lateralizadora tiene un matiz rotador por la oblicuidad de sus fibras, siendo su rotación en sentido contrario a la del lon-

gísimo mayor. La inervación de este músculo esplenio y de los que cubre corresponde a aquellas *segunda y tercera ramas retrosomáticas cervicales* que habían quedado hasta ahora sin continuación.

La inervación del tríceps espinal se ha de ir realizando a todo lo largo, metaméricamente (fig. 162), mediando fibras ramificadas de las ramas retrosomáticas a la altura correspondiente.

En la nuca observemos una encrucijada muscular base de las tres tiras longitudinales prolongadas del tríceps espinal. A este propósito, el digástrico de la nuca (Di) (fig. 165) y el longísimo mayor de la cabeza (LM) se unen formando una masa común llamada *complejo mayor,* reservando el nombre de *complejo menor* al músculo longísimo menor de la cabeza (Lm) (fig. 165). Por otra parte, el *esplenio* (fig. 166), que acaba cubriendo a los músculos indicados y que ofrece dirección contraria de fibras, está dividido en el *esplenio de la cabeza* (Espl Ca) y el *esplenio del cuello* (Espl Cu).



→

FIG. 165. — Tríceps espinal del retrosoma y sus derivaciones hacia la nuca.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DEL RETROSOMA = ENDEREZAMIENTO AUTÓCTONO DEL RETROSOMA. *Musculaturas retrosomáticas cortas.* Rectos posteriores mayor y menor. Oblicuos posteriores superior e inferior. Músculos transversoespinosos, multífidos. *Nervios retrosomáticos.* Primer nervio retrosomático cervical. *Musculaturas retrosomáticas largas: Músculo tríceps espinal:* Masa común sacrolumbar. Epiespinoso: Epiespinoso del dorso, epiespinoso del cuello o digástrico de la nuca. Longísimo: Longísimo del dorso, longísimo del cuello, longísimo mayor y menor de la cabeza. Complejo mayor y menor. Músculo ilioascendente: Iliocostal, costocostal, costocervical, esplenio.

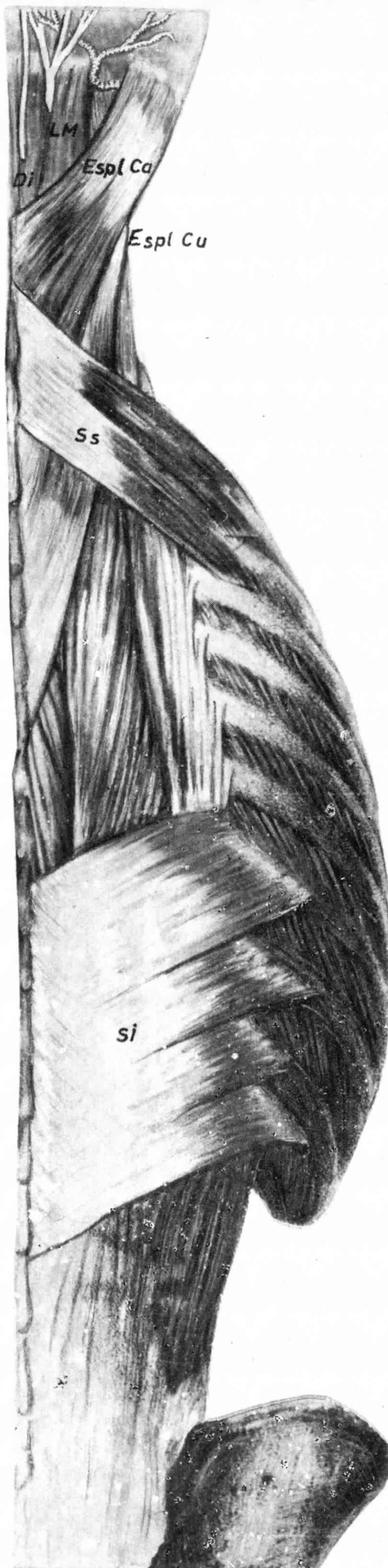
CAPÍTULO 27

SISTEMAS NEUROMUSCULARES EXTRÍNSECOS EMIGRADOS AL RETROSOMA: PARA EL ENDEREZAMIENTO INSPIRATORIO. PARA LA TREPA

El enderezamiento, referido al retrosoma, se extiende también a regiones adyacentes como es el tórax, el miembro superior y la cabeza, para realizar actos de enderezamiento amplios, que cumplen funciones determinadas. Esto se consigue porque de las zonas adyacentes al retrosoma que nos referimos emigran en período embrionario dependencias neuromusculares que invaden el retrosoma superficialmente. Ello da lugar, pues, a SISTEMAS NEUROMUSCULARES EXTRÍNSECOS, EMIGRADOS AL RETROSOMA.

La primera zona que envía emigraciones neuromusculares al retrosoma es el *tórax*. De aquí parten musculaturas formando los llamados músculos serratos, destacados en dos masas. Está el *serrato posterior inferior* (Si) (fig. 166), que insertándose por digitaciones en los ángulos posteriores de las últimas costillas (se suele excluir la 12.ª por ser demasiado pequeña), extiende sus fibras hacia la línea espinal dorsolumbar. La otra masa es el *serrato posterior superior* (SS), que, insertándose por digitaciones en las primeras costillas, llega a la línea espinal cervicodorsal. Estas dos masas serratas llegan, divergiendo, a la línea espinal, dejando entre sí un espacio interserrato, ocupado por la llamada *aponeurosis interserrata*. Notemos que al contraerse estos serratos, las costillas se dirigen hacia atrás y, por lo tanto, se ensancha el tórax, tendiendo a la inspiración. En los animales en que el tórax, por la posición cuadrúpeda, pesa ventralmente, la masa muscular serrata es mucho más desarrollada y extensa, invadiendo la aponeurosis interserrata completamente. La inervación de los serratos procede de ramas presomáticas, pues desde allí han emigrado estos músculos durante su desarrollo. Existe una segunda zona que envía emigraciones neuromusculares al retrosoma correspondiendo a la *extremidad superior*, llevándola a un estado de enderezamiento destinado a los siguientes fines: a) Enderezamiento de la extremidad para elevar su base de implantación durante la inspiración forzada. b) Enderezamiento de la extremidad para elevar el cuerpo en el acto de la trepa. c) Enderezamiento de la extremidad concretada en un giro de su base para contribuir al agarre previo de la trepa.

a) ENDEREZAMIENTO DE LA EXTREMIDAD PARA ELEVAR SU BASE DE IMPLANTACIÓN DURANTE LA INSPIRACIÓN FORZADA. Para esto hacen falta músculos que sujeten la escápula por su borde espinal. A este propósito, tenemos el músculo *romboides*, que, insertándose en la parte baja del *borde espinal del omoplato*, tira de la escápula hacia la línea espinal cervicodorsal, siguiendo la misma dirección de fibras que las del serrato posterior, al que tapa. Este romboides consta del romboides mayor (RM) y el romboides menor (Rm) (fig. 167). Tene-



mos otro músculo, que es el *elevador de la escápula* (El), que, inserto en la parte alta del borde espinal, tira de la escápula hacia arriba, por llegar hasta las apófisis transversas de las primeras cervicales. Notemos que el elevador y el romboides divergen de la escápula en forma de pinza que abraza a la musculatura enderezadora que cubre el esplenio (Espl). La acción de aquellos músculos sería la de enderezar la escápula elevándola y, por lo tanto, quitando peso al tórax, lo que le facilitará la inspiración forzada. Esta circunstancia es una de las que determina la inervación de estos músculos, venga de un filete nervioso (X), *nervio del angular y del romboides* que se desprende al mismo nivel que el nervio frénico, que es el encargado de la respiración y, por lo tanto, del cuarto nivel cervical.

b) ENDEREZAMIENTO DE LA EXTREMIDAD PARA ELEVAR EL CUERPO EN EL ACTO DE LA TREPA. Ello corresponde al llamado *músculo latísimo* (Lat) (fig. 168), que desde la extremidad superior, a nivel del cuello quirúrgico del húmero donde se inserta, se expansiona por el retrosoma, llegando ampliamente a toda la línea espinal vertebral desde la sexta vértebra dorsal hacia abajo y a la cresta superior del hueso coxal. Su inervación se realiza por una rama desprendida del plexo braquial, llamada *nervio del latísimo* (Nl). Su acción, al aproximar el húmero al tronco con gran potencia muscular, produce la elevación del cuerpo en el acto de la *trepa*.

c) ENDEREZAMIENTO DE LA EXTREMIDAD, CONCRETADA EN UNA BASCULACIÓN DE LA BASE DEL MIEMBRO PARA CONTRIBUIR AL AGARRE PREVIO DE LA TREPA. La basculación a que nos referi-



FIG. 166. — Retrosoma mostrando el esplenio y los dos pequeños serratos.



FIG. 167. — Sistema neuromuscular del elevador escapular con el romboides. Sistema neuromuscular del latísimo.
FIG. 168. — Plano superficial del retrosoma.



FIG. 167

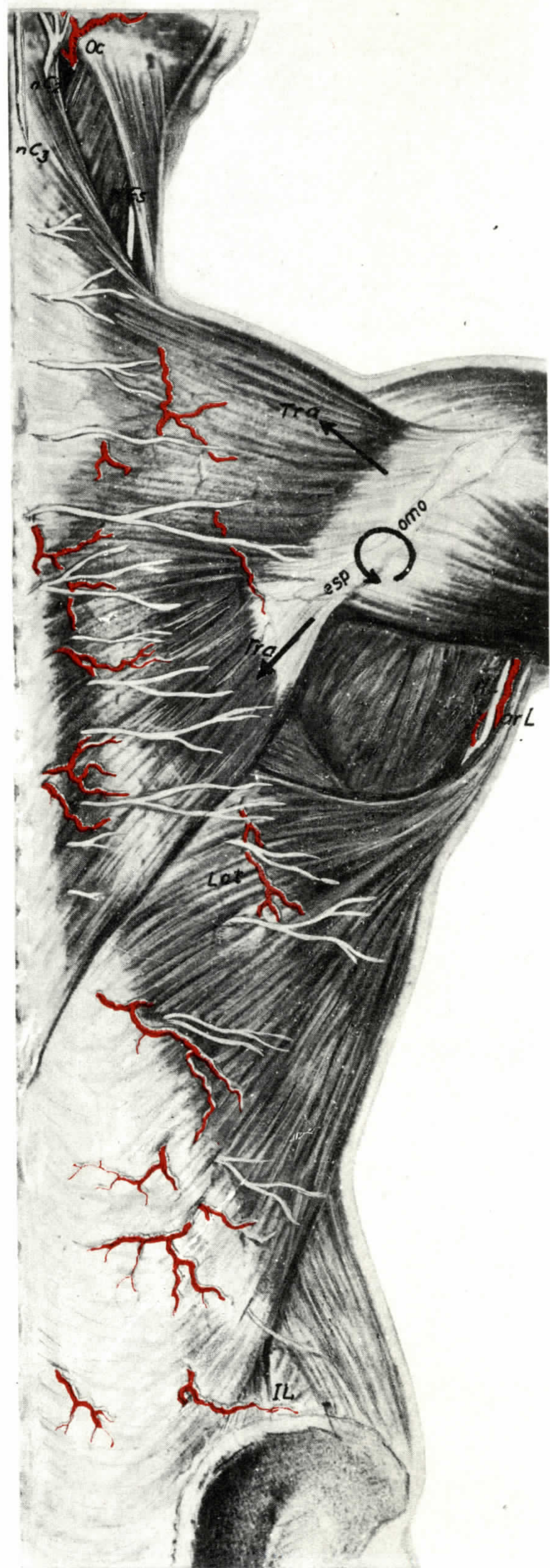


FIG. 168

mos se realiza en la escápula, la cual (para servir de base a una extremidad que pretende agarrar a gran altura) tiene que efectuar una rotación que eleve el cinturón torácico y separe el ángulo inferior de la escápula (fig. 168, ver flechas). El cinturón torácico propiamente dicho corresponde a la llamada *espina del omoplato* (esp omo) que, implantada en la escápula, emerge ampliamente y se articula con la *clavícula*. El músculo que va a producir el enderezamiento con el fin que indicamos es el *trapecio* (Tra), que se inserta ampliamente en la clavícula y en la espina, desde donde se dirigen sus fibras en sentido ascendente (flecha ascendente). Tenemos más fibras del trapecio, implantadas también en la espina, pero en su parte más interna, desde donde se lanzan en sentido descendente (flecha descendente). Fibras ascendentes y fibras descendentes del trapecio están un tanto independientes mediante una pequeña zona aponeurótica intermedia. Su acción en dos direcciones contrarias determina la rotación de la escápula (flecha en círculo, fig. 168), con ascenso del cinturón óseo y separación del ángulo inferior, lo que produce así la elevación de la raíz del miembro para posibilitar el «agarre alto». Notemos que las fibras descendentes del trapecio se insertan en la línea espinosa dorsal y que las fibras ascendentes del trapecio lo hacen en la línea espinosa cervical y en la concha occipital, a nivel de su línea curva (donde se insertan también los músculos de la nuca cubiertos por el esplenio). De esta suerte, al contraerse el trapecio no solamente coloca la escápula en la posición apropiada para elevar el miembro, sino que, además, tira de la cabeza extendiéndola, obligando a que la vista se eleve, con lo cual este acto previo de la trepa, que posibilita el «agarramiento elevado», queda integrado con la apropiada orientación de la cabeza. El músculo trapecio es inervado por ramas altas que embrionariamente salían del segundo y tercer nivel cervical, constituyendo el *nervio accesorio* o *espinal*. Esto puede advertirse en el adulto, que nos muestra el nervio espinal con ramillas del segundo y tercer nivel (asa espinal) (fig. 167), si bien además habrá que admitir nuevas disposiciones del nervio espinal (n es) (fig. 168), determinadas por un desarrollo ulterior que lo absorba hacia la cabeza y que más adelante deberá de estudiarse.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES EXTRINSECOS EMIGRADOS AL RETROSOMA. SISTEMAS NEUROMUSCULARES PARA EL ENDEREZAMIENTO INSPIRATORIO: Serrato posterior superior y serrato posterior inferior. Aponeurosis interserrata. Romboides y elevador de la escápula. Nervios del elevador y del romboides. ENDEREZAMIENTO DE LA TREPA: Trapecio. Asa espinal. Nervio espinal. Latísimo. Nervio del latísimo.

CAPÍTULO 28

RIEGO ARTERIAL DEL RETROSOMA. ARTERIAS DE TIPO METAMÉRICO. ARTERIAS SATÉLITES NEUROMUSCULARES

ARTERIAS DEL RETROSOMA

La nutrición del retrosoma es aportada por las arterias, cuya disposición conserva la metamería embrionaria en su mayor parte. Las arterias que aquí no siguen la disposición metamérica se adaptan satélites a los sistemas neuromusculares ya constituidos.

Las *arterias metaméricas* que ofrece el retrosoma en su mayor parte son ramas de la aorta descendente (Aor) (fig. 160), haciéndose retrosomáticas y apareciendo entre las apófisis transversas dorsales fundamentales. Dichas arterias retrosomáticas salen, pues, de las metaméricas, que a su vez son ramas de la aorta al nivel correspondiente, de tal manera que toda arteria metamérica, al dar la *retrosomática*, da también una *presomática*, siendo estas arterias satélites de los nervios retrosomáticos y presomáticos (ya tratados a propósito del sistema neuromuscular del retrosoma). Notemos que las arterias metaméricas están manifiestas en la región dorsal (fig. 164). Cervicalmente, es difícil que desde la aorta lleguen arterias metaméricas; por eso, se constituye la *arteria vertebral* (Ver), que asciende perforando los agujeros transversos de las apófisis transversas de las vértebras cervicales desde la sexta hacia arriba, no perforando la séptima a causa del proceso de reabsorción de la primera costilla cervical, que acontece durante el desarrollo. La arteria vertebral, entre el axis y el atlas forma una manifiesta asa, para permitir los movimientos de rotación entre dichas vértebras. Desde el atlas hacia arriba, forma también incurvaciones por detrás de sus masas laterales, lo que lleva a la arteria a meterse en la cavidad craneal entre el occipital y el atlas. La arteria, aquí, da ramas de nutrición a los pequeños músculos de la nuca que la cubren, pero no puede dar ramas durante su trayecto ascendente a la musculatura transverso-espinosa por estar un tanto separada de ella. La musculatura transverso-espinosa es nutrida aquí por la arteria retrosomática, correspondiente al octavo somita cervical, que se hipertrofia y toma el nombre de *arteria cervical profunda* (C pr), que nutre, según asciende, la musculatura transversoespinosa, que no pudo nutrir la arteria vertebral (fig. 164).

La arteria vertebral no puede tampoco regar la concha del occipital por estar más en superficie, por cuyo motivo se destaca una arteria especial, la llamada *arteria occipital* (Oc), rama de la carótida que se encarga de la nutrición y que al pasar medialmente respecto de las mastoideas deja una huella ósea. Todas las arterias metaméricas indicadas riegan al transverso espinoso (fig. 160) (Tr Es) y se meten por los intersticios que quedan por dentro y por fuera del longísimo (Lon), distribuyéndose por todas las musculaturas que están incluidas en el estuche de los serratos (Srr) y del esplenio (Espl).

Aparte de las arterias indicadas anteriormente, que constituyen un grupo más o menos metamérico, existen *arterias satélites de los sistemas neuromusculares.* Tenemos el SISTEMA NEUROMUSCULAR ELEVADOR-ROMBOIDES, ya conocido, cuya misión es enderezar y elevar la escápula para quitar peso al tórax durante la inspiración, para lo cual el nervio que impulsa estos músculos, *nervio del elevador y del romboides* (X) (fig. 167), se desprende del mismo nivel que el nervio frénico y, por lo tanto, de la cuarta altura cervical. Pues bien, satélite de este sistema está la llamada *arteria escapular posterior* (Ess), que, desprendida del tronco arterial del miembro superior (arteria subclavia, todavía sin estudiar), desciende por el borde espinal del omoplato, siendo cubierta por el músculo elevador y el romboides. La arteria escapular posterior emite una rama colateral que perfora el romboides y lo divide en dos fascículos: el *músculo romboides menor* (Rm) y el *romboides mayor* (RM). Sin embargo, la arteria escapular posterior continúa cubierta por el romboides hasta aparecer por debajo y terminar en el ángulo inferior de la escápula.

Tenemos el SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL LATÍSIMO, el cual, inserto en el cuello quirúrgico del húmero, actúa con su nervio (NL) (fig. 168) para aproximar el miembro y, en consecuencia, elevar el cuerpo durante la «trepa». Este sistema neuromuscular tiene su *arteria del latísimo* (ar l), rama del tronco arterial del miembro.

Tenemos, por último, el SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL TRAPECIO, que con su nervio espinal (N es) (fig. 168), actúa para elevar el cinturón torácico y facilitar el «agarre alto» del miembro en el acto previo de la «trepa». Este sistema tiene su arteria, llamada *cervical superficial* (cer S) (fig. 167), que es rama del gran tronco arterial del miembro.

Quedan algunas zonas de retrosoma por irrigar y éstas deben de recibir el aporte sanguíneo de otros ramos procedentes de regiones un tanto apartadas del retrosoma; por eso no interesa estudiarlas ahora.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ARTERIAS DEL RETROSOMA: *Arterias metaméricas:* Arteria vertebral. Arteria cervical profunda. Arteria occipital. *Arterias satélites neuromusculares:* Escapular posterior. Arteria del latísimo. Arteria cervical transversa superficial.

CAPÍTULO 29

CIRCULACIÓN DE RETORNO DEL RETROSOMA. SENSIBILIDAD. ARMAZÓN APONEURÓTICO

La CIRCULACIÓN DE RETORNO O VENOSA del retrosoma comienza en período embrionario a partir de los órganos hematopoyéticos, encerrados en el espesor de los cuerpos vertebrales y convertidos en médula roja. Esta médula roja se encuentra también en las zonas apofisarias confluentes, como ocurre a la base de la apófisis transversa y a la base de la apófisis espinosa (fig. 160). De aquí se drenan la sangre hematopoyética hacia las venas cardinales inferiores del embrión, que en el estado adulto están representadas por las llamadas *ácigos* (Ac), situadas ante la columna vertebral y a ambos lados de la aorta (Aor). Al lograr el individuo su desarrollo definitivo, la circulación venosa se va disponiendo satélite de la circulación arterial, pero en sentido contrario, existiendo casi siempre dos pequeñas venas satélites para cada arteria. Así ocurre en el retrosoma, debiendo de añadir que entre el músculo transverso espinoso (Tr es) por una parte, y el epiespinoso (EpE), longísimo (Lon) e ileocostal (Ic) por otra, se encuentra un plexo venoso de confluencia, que drenará hacia las ácigos (Ac). Este *plexo venoso transversoespinoso* es exprimido por la contracción de los músculos de este nombre, encerrados todos en la celdilla que proporciona la envoltura del serrato (Srr).

El plexo venoso transversoespinoso está muy desarrollado en la región cervical (figura 164) porque aquí no existe la misma disposición muscular, con lo cual queda abundante espacio. Este plexo, aquí es drenado por la vena *yugular posterior* (YP) hacia los ácigos en la forma que más adelante deberá de estudiarse. La vena yugular posterior es satélite de la arteria cervical profunda (Cpr), ya conocida.

Las CELDAS O COMPARTIMIENTOS en que se disponen las musculaturas retrosomáticas, corresponden fundamentalmente a la llamada *vaina muscular espinal,* constituida por tres músculos ya conocidos: uno es el esplenio, que envuelve completamente los largos músculos de la nuca; otro es el serrato menor superior posterior, que continúa cubriendo estos mismos músculos e incluso al esplenio un poco más abajo; el tercer músculo es el serrato menor posterior inferior, que cubre a los tres músculos espinales poco antes de unirse a la masa común sacrolumbar; una cuarta formación sería la aponeurosis interserrata. La celda muscular espinal que acabamos de indicar mantiene alojado el paquete de músculos que hay en profundidad; esta celda, además, comprime a estos músculos a la par que éstos se contraen, todo lo cual establece un mecanismo que exprime el plexo venoso de profundidad y lo drena hacia las ácigos metaméricamente.

Inmediatamente por fuera del paquete y de la celda espinal, encontramos espacios grasientos por donde los *planos de superficie*

pueden resbalar en su movimiento. Entre estos espacios se encuentran zonas donde los planos fallan, permitiendo que a su través puedan herniarse órganos de la profundidad, escapándose hacia la superficie. De estos fallos debemos mencionar el llamado *espacio costolumbar de* GRYNFELTT, entre la última costilla, la masa común sacrolumbar, el serrato menor inferior y los músculos del vientre. Este espacio persiste en el adulto.

Más superficialmente encontramos planos musculares pertenecientes a sistemas neuromusculares ya conocidos. Tenemos el sistema neuromuscular elevador y romboides (Romb) (fig. 160, quedando aquí representado el romboides); está el sistema neuromuscular del latísimo; está, por último, el sistema neuromuscular del trapecio (Tra) (figura 160). Estos tres sistemas forman tres planos sucesivos, pero incompletos, denunciados ordenadamente, aunque no todos, en un mismo corte transversal (fig. 160). Entre estos tres planos se encuentra abundante grasa para el fácil deslizamiento de cada uno. Notemos inmediatamente por fuera del latísimo (fig. 168), cuando éste va a insertarse en la cresta iliaca, la existencia de un fallo llamado *espacio iliolumbar* (EIL) o *triángulo de* PETIT, fallo que persiste en el adulto por no poder ser cubierto completamente por músculos del vientre. El triángulo de PETIT no cae enfrente del espacio de GRYNFELTT, sino inmediatamente por debajo y por fuera. Sin embargo, los individuos en que los espacios de PETIT y de GRYNFELTT son amplios, pueden integrar solución de continuidad y facilitar el escape herniario a través de ambos espacios.

La SENSIBILIDAD del retrosoma corresponde a la piel que lo recubre, de donde parten nervios que recogen el estímulo táctil de la superficie cutánea. Estos nervios, una vez constituidos, perforan los planos musculares y llegan en profundidad a la celda espinal a que nos hemos referido en un principio, para alcanzar allí los nervios motores retrosomáticos (fig. 160) y seguir con ellos el camino, pero en sentido contrario, hasta alcanzar la médula espinal. Los nervios cutáneos a que nos referimos se disponen por lo tanto metaméricamente (fig. 168), no sólo al distribuirse por la piel en forma de faja, sino también al perforar escalonadamente los planos y unirse al nervio retrosomático, que tiene carácter metamérico. Las zonas de sensibilidad cutánea que corresponden a estos nervios son, por lo tanto, fajas relativamente paralelas y horizontales. Sin embargo, el nervio sensible que corresponde al tercer nivel cervical (nC3) (fig. 168) cubre una zona cutánea más amplia. El nervio sensible que corresponde al segundo nivel cervical (nC2) (fig. 168) cubre una zona cutánea todavía más amplia, rebasando hasta la piel del occipucio; por este motivo forma un gran tronco nervioso: el llamado *gran nervio occipital*, que naturalmente, se une a la segunda rama retrosomática cervical para abordar al tubo nervioso. No existen nervios sensibles que aborden a la primera rama retrosomática cervical; esta rama es, por tanto, motora exclusivamente, destinada como ya se sabe a los pequeños músculos de la nuca.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Venas del retrosoma. Plexos venosos transversoespinosos. Vena yugular posterior. *Aponeurosis del retrosoma.* Celdas de los canales vertebrales. Aponeurosis interserrata. Espacio costolumbar de GRYNFELTT. Espacio iliolumbar de PETIT. *Sensibilidad:* Metamería sensible del retrosoma. Gran nervio occipital.

CAPÍTULO 30

RAQUIS

Se trata de una amplia zona (a base de columna vertebral y de su contenido), que sostiene la cabeza, propagando así hacia abajo las líneas de fuerza. También sostiene el esqueleto presomático del tronco, refiriéndolo a las líneas eje que transmiten fuerza vertical. Por último, protege la médula espinal y meninges, interiormente alojadas.

Recuérdese el *sostén de la cabeza y transmisión de líneas de fuerza* a partir de los dos cóndilos occipitales, siguiendo con las dos masas laterales del atlas para llegar entonces al axis y desde aquí desdoblarse en dos direcciones descendentes, una anterior por los cuerpos vertebrales y otra posterolateral por las apófisis articulares a cada lado (figuras 169 y 170). Se debe de insistir en que la dirección descendente de las líneas de fuerza es única y simétrica (en el lado derecho y en el lado izquierdo) cuando se refieren a nivel de los cóndilos occipitales y de las masas laterales del atlas (fig. 170); después, a nivel del axis, las líneas de fuerza se desdoblan en las que descienden a lo largo de los cuerpos y por lo tanto anteriormente y las que descienden lateralmente a lo largo de la columna que forman a cada lado el macizo de las apófisis articulares (fig. 169). Estos macizos transmiten la fuerza fácilmente hacia abajo, en la región cervical, pero en la región dorsal la disposición de apófisis articulares hace que sus líneas de fuerza se desvíen hacia adelante para reunirse con las de los cuerpos vertebrales; ello lo determina la desviación hacia atrás de la columna dorsal a causa de su curvatura normal. Recordemos también que las líneas de fuerza de transmisión, reunidas en la región lumbar y sobre todo en el sacro (fig. 169), deben de pasar a la pelvis y de aquí, por igual, a lo largo de la extremidad derecha e izquierda, terminando en el apoyo plantar.

En cuanto al sostén lateral que la columna vertebral hace con el esqueleto presomático del tronco deben de recordarse los arcos viscerales a base de las costillas cuya cabeza y tuberosidad se disponen en articulaciones independientes, para establecer un eje de rotación preciso, referencia básica para la excursión respiratoria de las costillas.

El CONDUCTO RAQUÍDEO (figs. 171, 172, 173, 174, 175 y 176), con el contenido medular y meníngeo al que protege, debe resumirse en una serie de capas y espacios de fuera a dentro, así: *endoostio; espacio epidural* (Epid) relleno de plexos venosos raquídeos; *duramadre* con el *aracnoides parietal* constituyendo la llamada *paquimeninge; espacio interaracnoideo; aracnoides visceral* o *leptomeninge; espacio subaracnoideo* (Subar) ocupado por tejido en tela de araña, por redes arteriales y por líquido cefalorraquídeo; *piamadre*, en fin, adherida íntimamente a los centros nerviosos.

Igualmente debe de señalarse la vaina dural o *manguito raquídeo* (Mang) (fig. 171) que envuelve el nervio raquídeo y el ganglio sensible a la salida del agujero de conjunción (GRq) (fig. 171), que es donde se reúne el endoostio y la duramadre, así como el *liga-*

mento dentado (Dent) de sostén lateral de la médula.

Es práctico conservar la denominación de regiones cervical, dorsal, lumbar y sacrocoxígea y dentro de cada región, la altura, el nivel o el segmento. Ya es sabido que en el adulto la distribución metamérica embrionaria ha variado de nivel. Aquel nivel horizontal de un principio ha variado, entre otras cosas, a causa del ulterior crecimiento descendente de la columna vertebral. Ello hace que el nivel del metámero medular, por haber crecido menos, quede más alto que el esclerómero vertebral, así como el sistema neuromuscular y la faja sensible correspondiente, todo lo cual se ha desarrollado y descendido en gran extensión. Esto mismo, referido a los últimos metámeros sacros que, como se sabe, inervan el periné y constituyen la terminación de la médula, hace que en el estado adulto se encuentren aquéllos a nivel de la primera vértebra lumbar.

Todo *detalle de organización* que acabamos de indicar puede sufrir *alteraciones.*

Por parte del *aracnoides visceral,* y mejor aún, del tejido subaracnoideo en la tela de araña, merece indicarse que es una zona de asiento de infecciones generales, como en la meningitis epidémica, o bien en otros focos infecciosos no epidémicos. Igualmente esa tela de araña puede ser objeto de proliferaciones que den lugar a tumoraciones e incluso neoplasias.

Por parte del *anillo óseo de la paquimeninge,* debemos de mencionar los traumatismos, con fractura o no, del anillo vertebral, que producen hemorragias expansivas del plexo venoso raquídeo epidural, aparte de que algún fragmento óseo desplazado pueda comprimir la médula espinal. Traumatismo lento, podríamos atribuir a las trabéculas de la médula ósea, atacada por tuberculosis de columna o mal de Pott, que acaba destruyendo el cuerpo de la vértebra y produciendo desplazamientos óseos, aparte de hemorragias

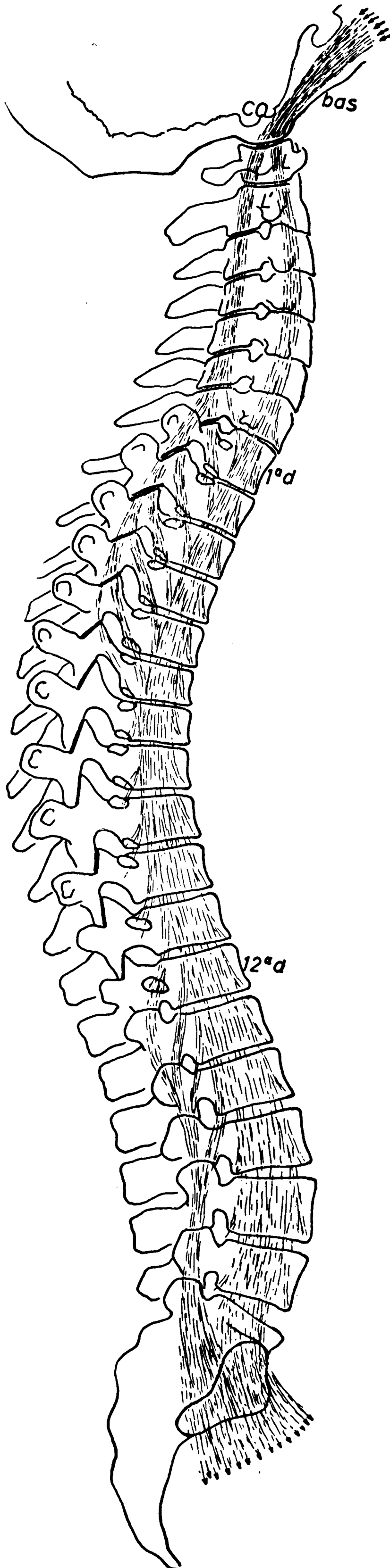


FIG. 169. — Muestra esquemáticamente la propagación de las líneas de fuerza a lo largo de la columna vertebral desde el cóndilo occipital (CO) hasta la articulación sacrocoxal. Nótese cómo en la región dorsal resulta prácticamente una sola línea de propagación a lo largo de los cuerpos vertebrales; en cambio, en la región cervical y lumbar interviene en la propagación, además, la columna de las apófisis articulares.

y colecciones purulentas hacia la médula, que comprimen.

Todos los procesos indicados son expansivos y acaban *comprimiendo la médula espinal.* Las manifestaciones de compresión se basan en que la zona comprimida de la médula espinal puede quedar totalmente sin función, dejando aislada por debajo de ella una parte de médula espinal relativamente sana que tiene que funcionar de otra forma a como correspondía cuando estaba la médula espinal entera, pues acaba automatizándose y agotándose. Las manifestaciones de compresión medular (ya fueron indicadas en las lecciones correspondientes de médula espinal) corresponden a una compresión completa de un metámero medular determinado o a una compresión parcial que podría ser una mitad, bien derecha o izquierda.

Los metámeros medulares, dentro de los anillos osteofibrosos que los rodean, pueden sufrir estrangulaciones o enclavamientos por procesos expansivos acontecidos en la zona, cuyo nivel de existencia debe de ser deducido por el clínico. El tratamiento se aplica habitualmente por una vía de acceso a la zona que corresponde el proceder llamado laminectomía.

Procesos patológicos del anillo osteofibroso vertebral, desarrollados con lentitud, pueden deformar el conducto raquídeo, bien estrangulando la médula espinal o bien irritando alguna dependencia de la misma. Estos procesos suelen asentar en:

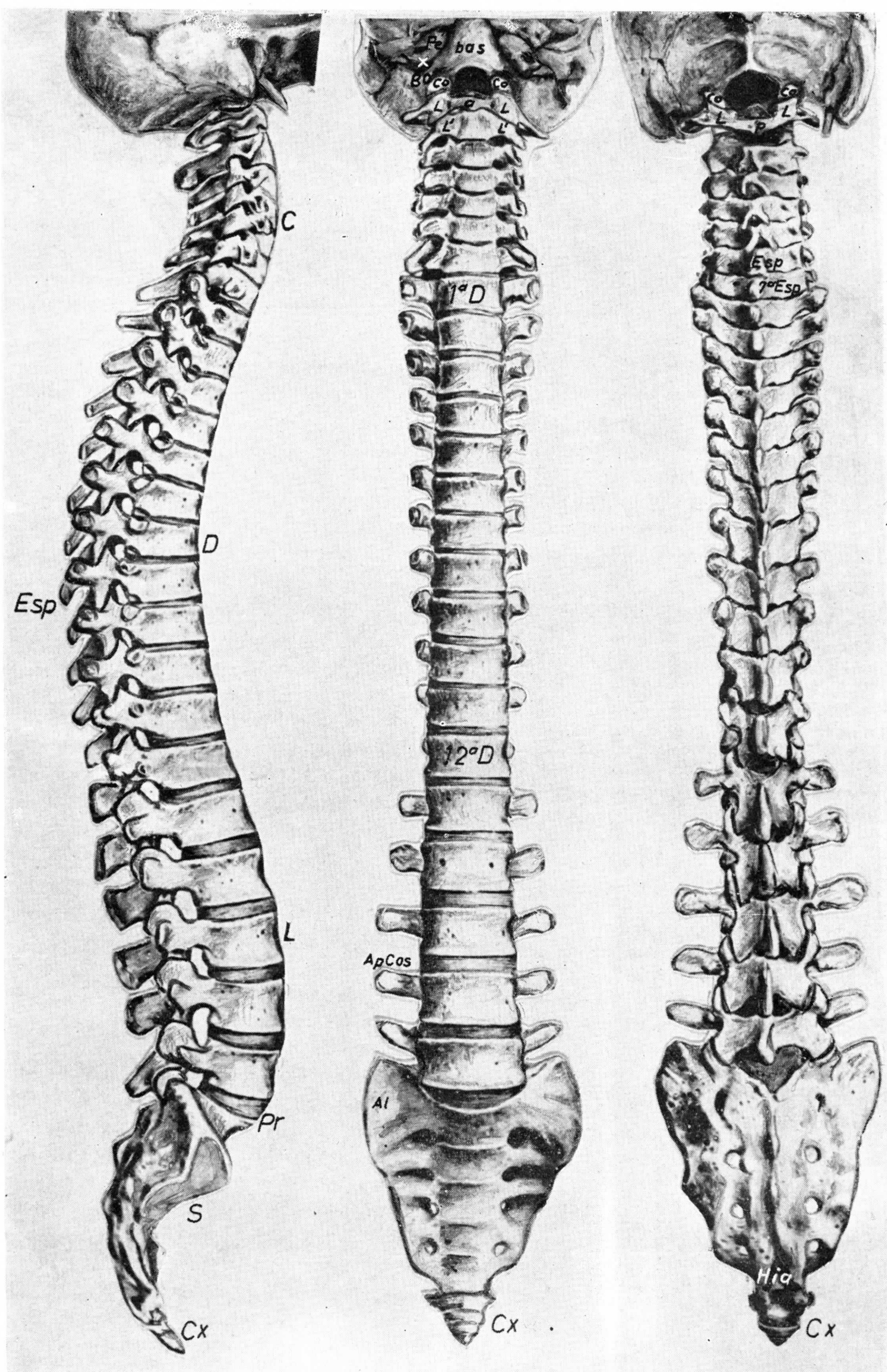
El cuerpo vertebral, por padecer caries a causa de tuberculosis vertebral (mal de Pott).

Las esquinas y aristas vertebrales, que se afectan por enfermedades de la metáfisis marginal del cuerpo en casos de trastornos del metabolismo y en algunas infecciones generales, pudiendo asentar cerca del conducto raquídeo o del agujero de conjunción.

El disco intervertebral, que se expansiona patológicamente formando hernia en el agujero de conjunción como secuela de diversos traumatismos o por alteraciones del residuo notocordal del disco.

Mención especial merecen las *matrices* de crecimiento de la vértebra; por cuanto que las enfermedades generales, relacionadas con trastornos del metabolismo o con infecciones, pueden asentar en esas matrices de crecimiento a causa de su especial vitalidad. A este propósito, recordemos que una vértebra en crecimiento (figs. 177, 178 y 179), aparte del punto de osificación del cuerpo vertebral (C) y el de las masas apofisarias (M), tiene la matriz propiamente dicha (X) que crece entre las zonas de osificación referidas y que se condensa a nivel de los pedículos vertebrales. La matriz, siempre alrededor de las zonas donde la osificación invade, se extiende periféricamente por todo el cuerpo vertebral. Ciertamente que a las mismas esquinas (E) de la vértebra no llega la matriz, existiendo, por lo tanto, puntos de osificación complementarios (E). Entre estos puntos de osificación complementarios (figuras 178 y 179) y el punto de osificación central del cuerpo (C) o de la masa apofisaria (M), va realizando la matriz su función de crecimiento. Circunstancias diversas pueden alterar el crecimiento en una parte determinada. Entonces este crecimiento se puede detener. Si ello ocurre en un lado, la columna vertebral se inclina lateralmente, manteniéndose así a lo largo del tiempo, precisamente en el punto de esa alteración, produciendo una curvatura lateral o *escoliosis* (fig. 180) que se va compensando por curvaturas posicionales del individuo que se realizan en sentido contrario por debajo y por encima de la curvatura origen. Un razonamiento análogo podemos aducir a la matriz de crecimiento vertebral que venimos considerando, si ésta se altera por delante o por detrás. Si la alteración es por detrás (figura 181), como ocurre en la región lumbar, entonces la curvatura se exagera aquí y la columna vertebral toma el nombre de *lordosis* (Lor), que admite curvaturas compensadoras, dorsal y cervical, más acentuadas. Si la alteración de la matriz es por delante, como ocurre en la región dorsal, entonces la curvatura aquí se exagera tomando el nombre de *cifosis* (Cif) (fig. 182), admitiendo una curvatura compensadora lumbar, para el mantenimiento de la vertical general. *Escoliosis, lordosis y cifosis,* motivadas por trastornos de la matriz de crecimiento, no suelen comprimir, inmediatamente, la médula espinal; en cambio, la comprime inmediatamente cualquier desviación por traumatismo.

Respecto del *agujero de conjunción* (Con)



C
D
Esp
L
Pr
S
Cx
Pe
bas
Bo
Co
Co
L
L
L'
L'
1ª D
12ª D
ApCos
Al
Cx
Co
Co
L
L
P
Esp
7ª Esp
Hia
Cx

FIG. 170

←

FIG. 170. — La columna vertebral, lateralmente, por delante y por detrás, para mejor referencia de las líneas de fuerza que se han esquematizado en la figura precedente. Merecerá anotar la base del cráneo, donde encontramos la apófisis basilar (bas), que se continúa con los basiooccipitales (BO) y los cóndilos (Co); desde aquí la propagación se hace por cada lado a lo largo de las masas laterales del atlas (L, L), que se continúan con las masas laterales del axis (L', L'), para en seguida continuar descendiendo por la región cervical (C), dorsal (D), lumbar (L), y traspasado el promontorio (Pr), llegar a la región sacra (S), desde donde, merced a las aletas del sacro (Al), se continuarían con las extremidades. (Los detalles deben ser recordados en el volumen I.)

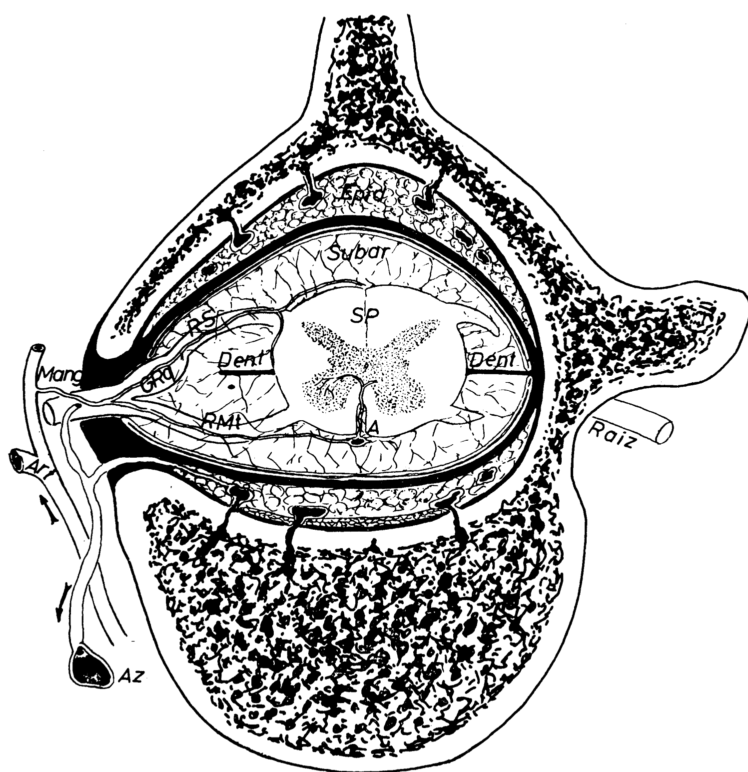


FIG. 171

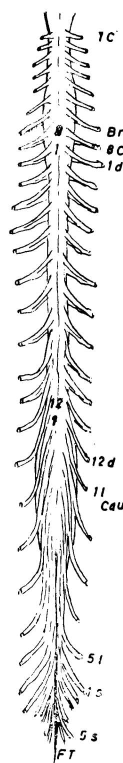


FIG. 172

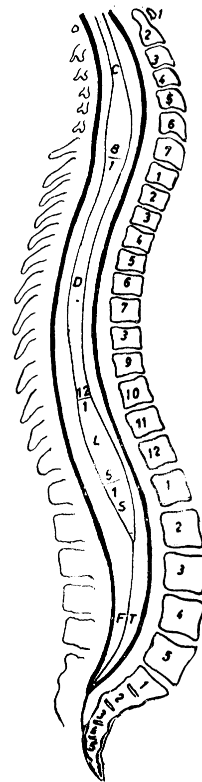


FIG. 173

FIGS. 171, 172, 173, 174, 175 y 176. — El conducto raquídeo y su contenido están representados esquemáticamente y al natural, lo mismo en una zona segmentaria como a todo lo largo. Nótese, ante todo, la relación de los segmentos metaméricos de la médula espinal y las vértebras que corresponden (compárense los números en una y otra parte), en una misma altura. Obsérvense además las siguientes indicaciones: (A) Surco anterior de la médula. (AAn) Asta anterior. (APo) Asta posterior. (Art) Arteria metamérica. (Az) Vena ácigos. (Br) Huso braquial de la médula. (Cau) Huso caudal de la médula. (CVert) Cuerpo vertebral. (Col) Cola de caballo. (Dent) Ligamento dentado. (Epid) Espacio epidural. (FT) Filo terminal de la médula. (GRq) Ganglio raquídeo. (La) Lámina. (Mang) Manguito dural del agujero de conjunción. (Raíz) Raíz raquídea. (RMt) Raíz motora. (RS) Raíz sensitiva. (SP) Septum posterior de la médula. (Subar) Espacio subaracnoideo para el líquido cefalorraquídeo.

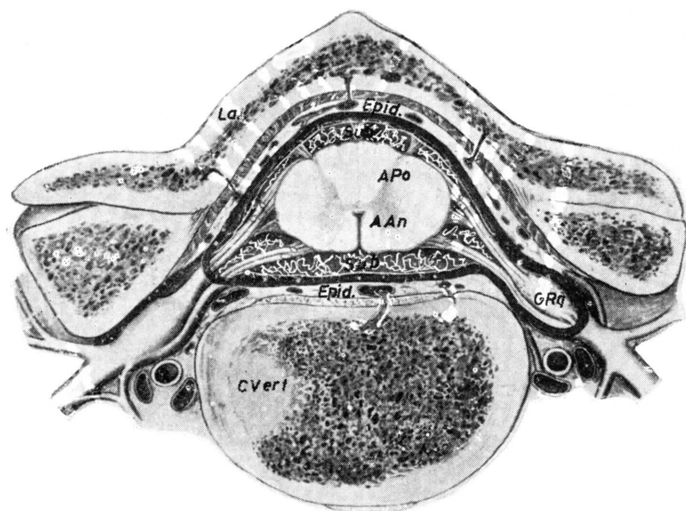


Fig. 174

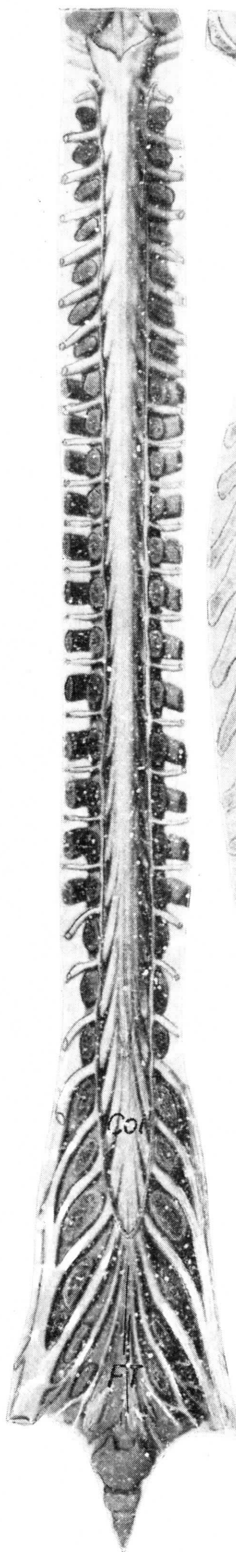


Fig. 175

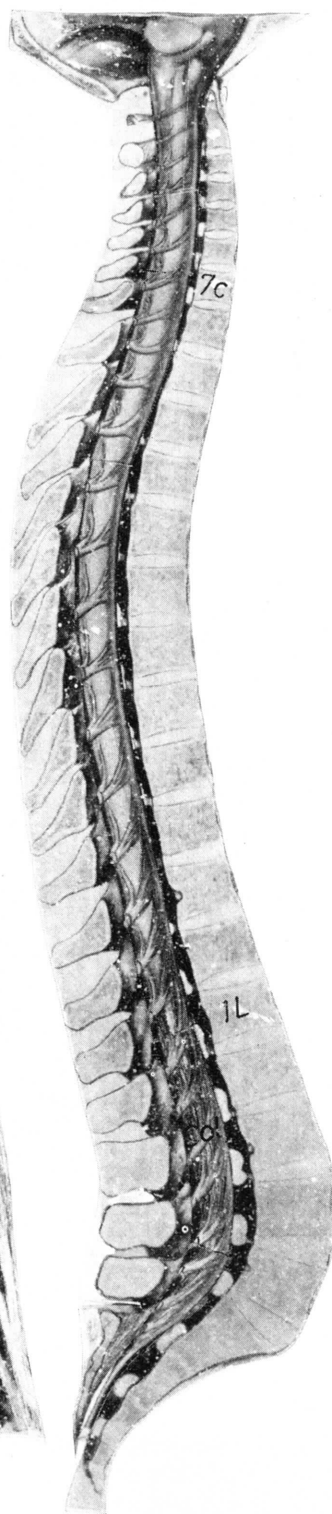


Fig. 176

Figs. 174, 175 y 176 (leyenda en página precedente).

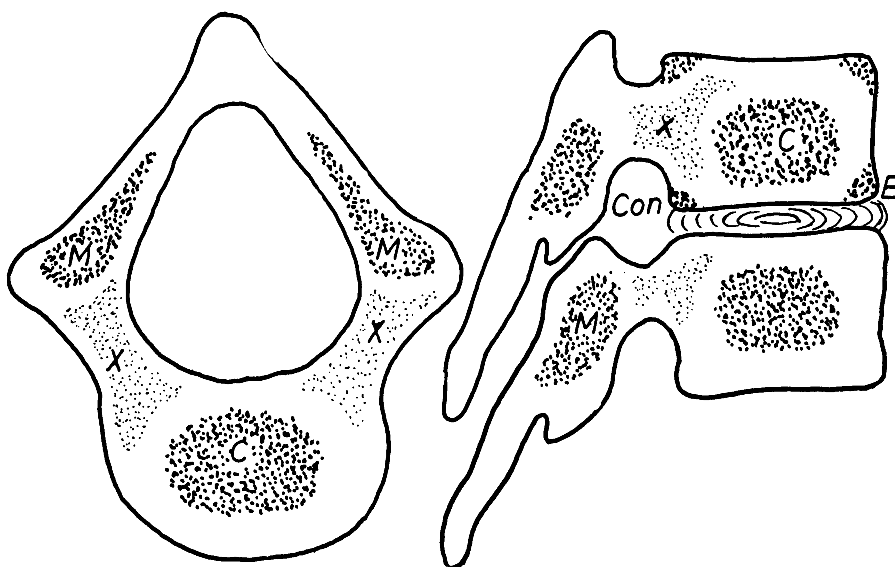


FIG. 177

FIG. 178

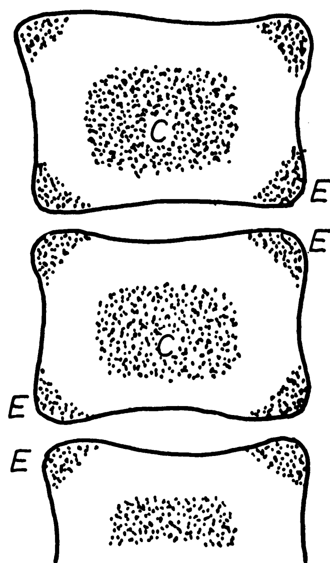


FIG. 179

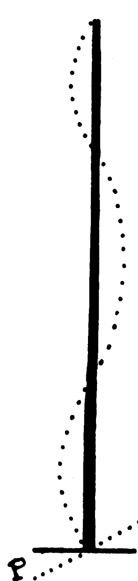


FIG. 180

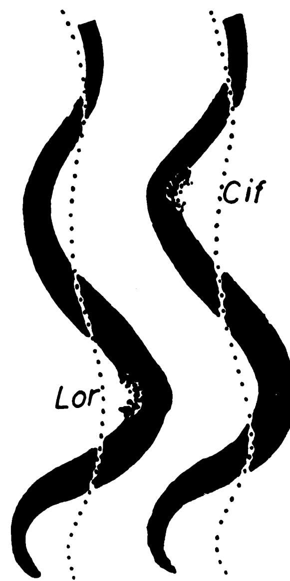
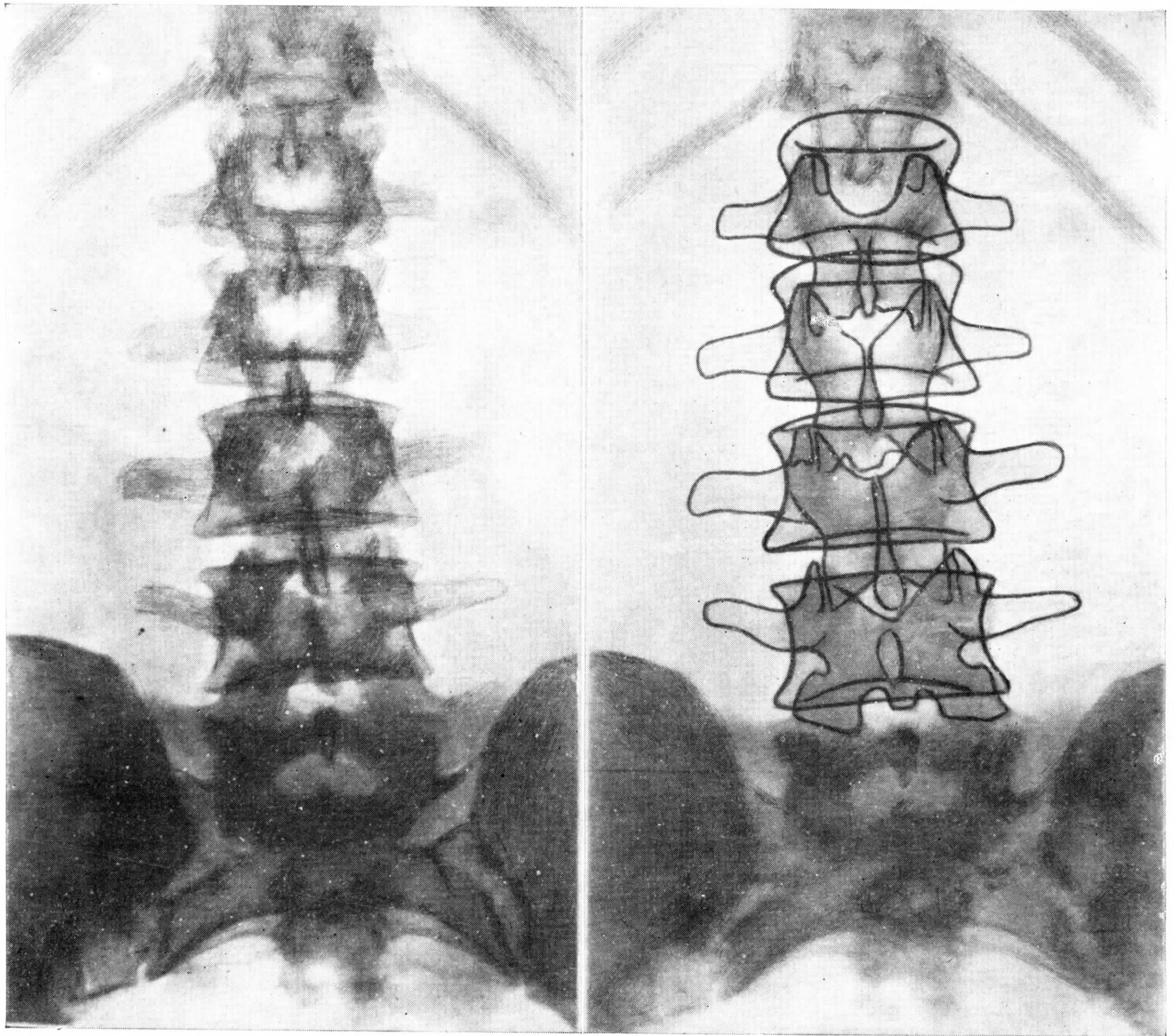


FIG. 181 FIG. 182

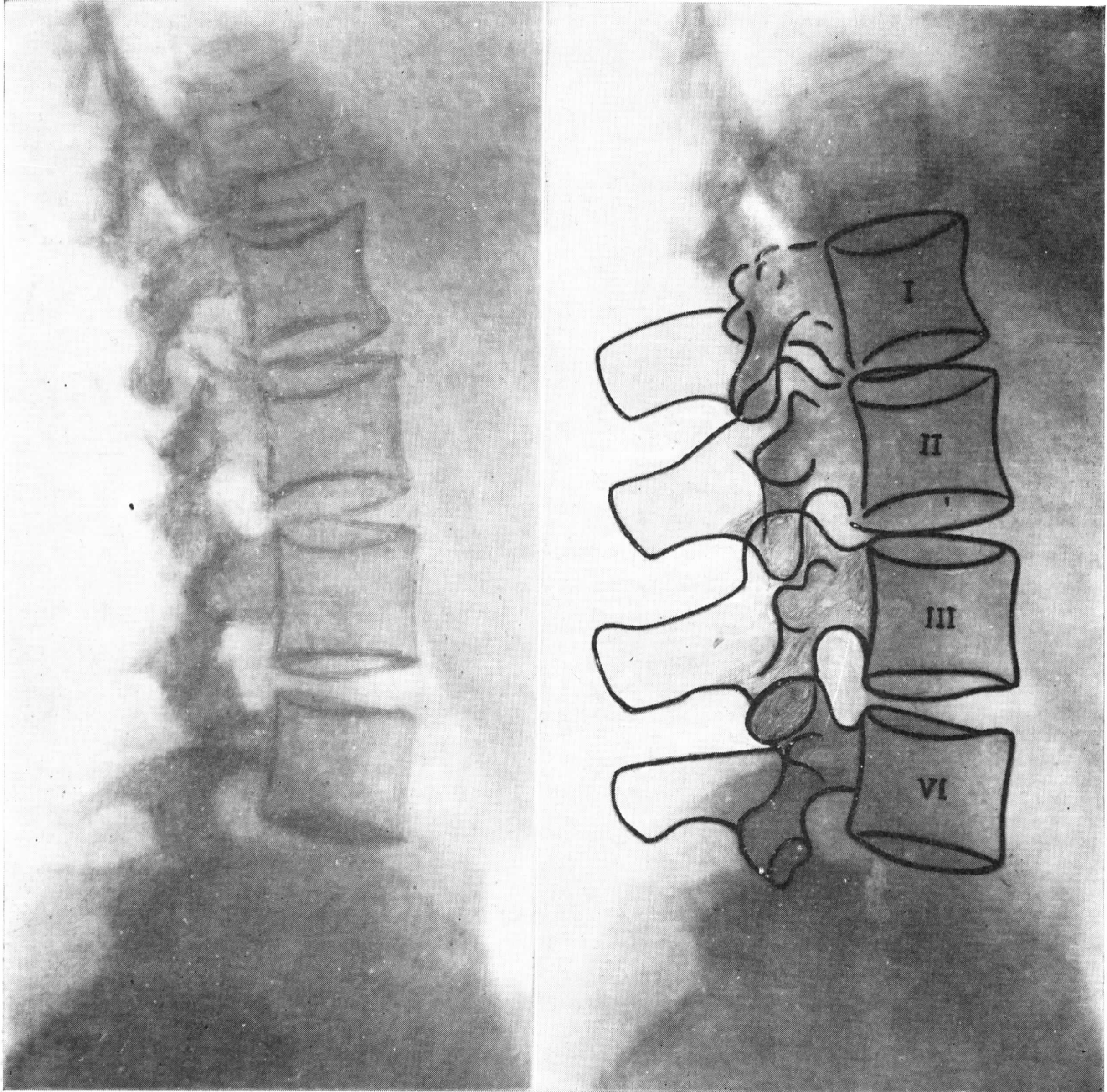
FIGS. 177, 178 y 179. — Nótense los puntos de osificación principales en la vértebra, correspondientes al cuerpo (C) y a la masa apofisaria (M), que aparecen en temprano desarrollo. Nótense los puntos de osificación secundarios o complementarios, correspondientes a las esquinas de la vértebra (E), que aparecen muy tardíamente. Apréciese que el resto de tejido es matriz de crecimiento, si bien hay una parte más activa que corresponde a la confluencia de los pedículos (X).

FIG. 180. — Representa la dirección de la columna vertebral, de frente y, por lo tanto, desarrollada verticalmente. Si el plano de la pelvis (P) se inclina, entonces la columna vertebral se incurva lumbarmente y más arriba se forman curvaturas compensadoras. Este aspecto de escoliosis se produce también cuando hay dificultad de crecimiento unilateral en un cartílago metafisario.

FIGS. 181 y 182. — Nótense la lordosis y la cifosis que se representan esquemáticamente, debidas a un trastorno de crecimiento en la concavidad lumbar o en la concavidad dorsal, respectivamente.



FIGS. 183 y 184 (tomadas del Haret). — Ofreciendo la columna vertebral lumbar de frente en una radiografía donde se superponen las sombras de masas en distintos planos. Apréciense los perímetros de esas masas un tanto independizados; así, distínganse el perímetro de los cuerpos vertebrales, bien acusados por sus esquinas; el perímetro de las masas apofisarias, bien acusadas en su confluencia articular; el perímetro de las apófisis espinosas por último, alternando con la claridad de los espacios interlaminares.



FIGS. 185 y 186 (tomadas del Haret). — Ofreciendo la columna vertebral lumbar de lado, en una radiografía. Notemos que aquí se pueden observar independientemente y sin superposición apenas, los perfiles de los cuerpos, los de las masas apofisarias y los de las espinas; estas últimas apenas se han contrastado, por la enorme penetración de los rayos en este caso.



FIG. 187

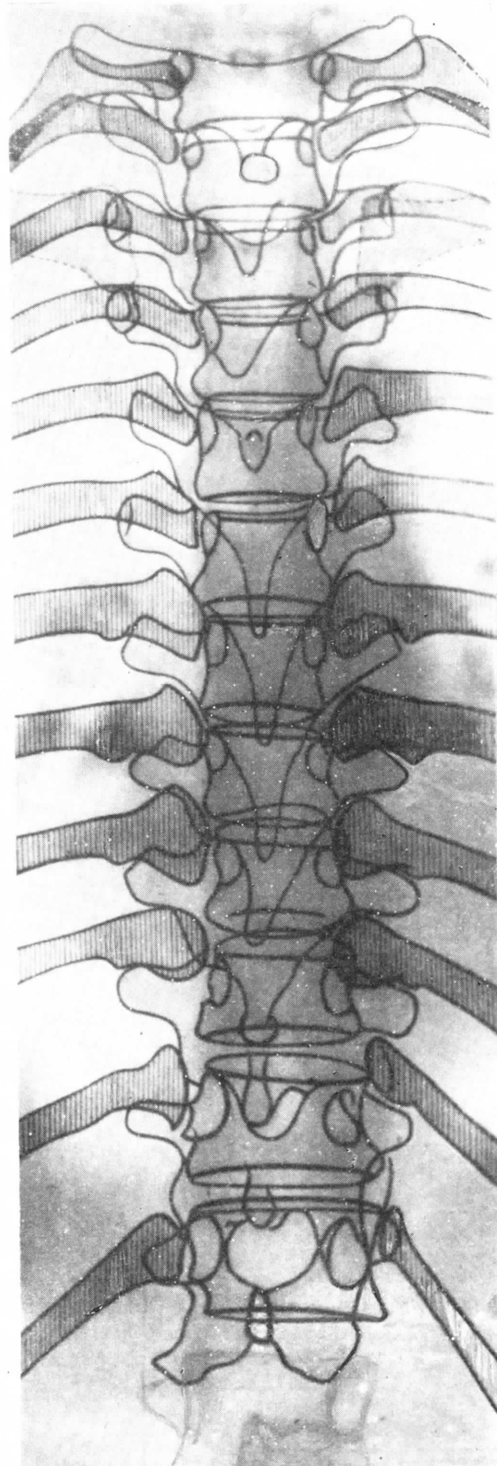


FIG. 188

FIGS. 187 y 188 (tomadas del Haret). — Ofreciendo la columna dorsal de frente en radiografía, donde a las masas de superposición clásicas se añade la de la masa cardiovascular, que forma una amplia sombra. Un poco más abajo se aprecia la claridad del fondo gástrico (F), lo que favorece el contraste. Más arriba tenemos la claridad de la tráquea (Tr), que también favorece el contraste.



FIG. 189

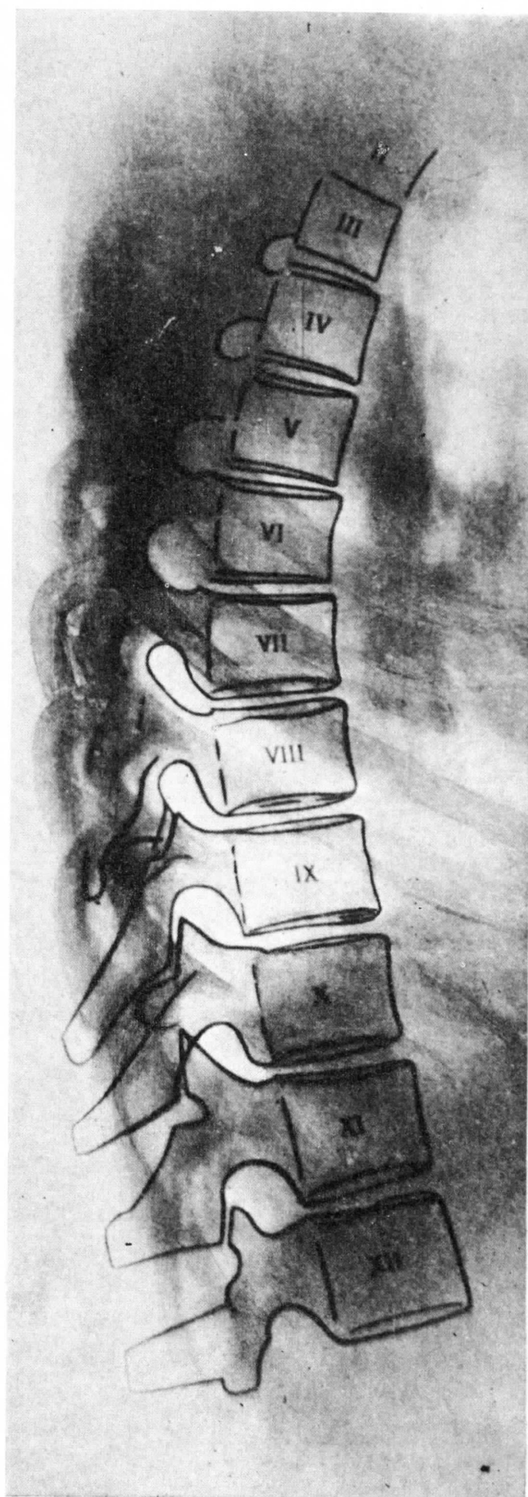


FIG. 190

FIGS. 189 y 190 (tomadas del Haret). — Ofreciendo la columna vertebral dorsal lateralmente en una radiografía. Notemos que aquí se superponen las costillas a nivel de su ángulo posterior, dificultando la observación de las masas apofisarias vertebrales. Notemos igualmente la sombra del omoplato (O) dificultando parcialmente la observación.

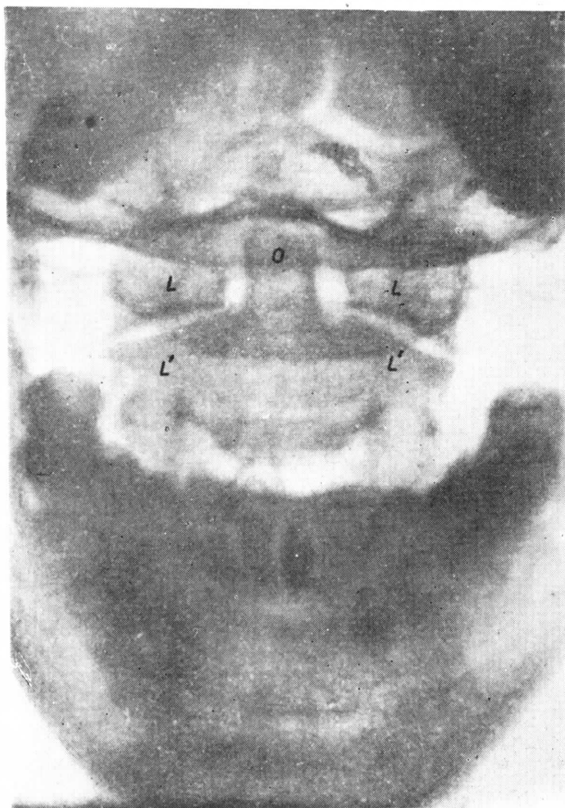


FIG. 191



FIG. 192

FIGS. 191 y 192. — Ofrecen la columna vertebral de frente y de perfil, pudiendo apreciarse en el primer caso, gracias a la abertura de la boca, a cuyo través se ha hecho la radiografía. Notemos como referencia principal las masas laterales del atlas (L), así como las laterales (L') del axis con su apófisis odontoides.

(fig. 178) notemos que el nervio y ganglio raquídeo que se alojan allí pueden ser muy afectados por los trastornos de las matrices de crecimiento que indicamos y también por las del mismo disco intervertebral, que puede acabar formando hernia.

La columna vertebral se debe de explorar en la espalda del individuo en posición firme, deduciendo las alturas de las distintas vértebras después de haber palpado las apófisis espinosas. Primero, la séptima cervical o prominente que se deduce en seguida y permite seguir contando vértebras hacia abajo. Después, la cuarta apófisis espinosa lumbar, que se deduce a nivel de las crestas ilíacas y que permiten seguir contando vértebras hacia arriba. La molestia o dolor localizado al presionar una apófisis espinosa puede hacer sospechar que se resiente algo alterado en el anillo vertebral que corresponde. La *radiografía* debe de completar el estudio. Ésta debe de ser de frente y lateral, teniendo en cuenta que en la región lumbar los detalles se verán con la máxima facilidad (figs. 183, 184, 185 y 186); en la región dorsal hay demasiadas superposiciones de sombras viscerales y del esqueleto del tórax que lo enmascara (figs. 187, 188, 189 y 190); en la región cervical, la exploración radiológica de frente, del atlas y del axis, ha de hacerse a través de la boca abierta (fig. 191). En la observación radiográfica de la columna vertebral en estas tres regiones, realizada de frente o de perfil, deberá de notarse, en primer

lugar, la posibilidad de continuidad de las líneas de fuerza a lo largo de los cuerpos vertebrales y a lo largo de las masas apofisarias articulares. En segundo lugar, observar las esquinas de los cuerpos vertebrales, ya que allí se detecta una alteración de la matriz de crecimiento por la forma irregular del punto complementario de osificación de la misma esquina. En tercer lugar se explora la integridad de las apófisis espinosas, lo que hace excluir la existencia de *espinas bífidas* y, por lo tanto, de alteraciones medulares congénitas que las acompañan, por no haberse cerrado la organización posteriormente. Tras estas observaciones quedaría patente una línea de fractura que pudiera existir, máxime si sobre la radiografía se va realizando pacientemente un calco de perfiles en el orden de la observación de superposición de planos de sombras, sobre todo en las zonas de mayor confluencia. Por último, consideremos el contraste de líquido inyectado para explorar el espacio subaracnoideo de la médula espinal (fig. 193).

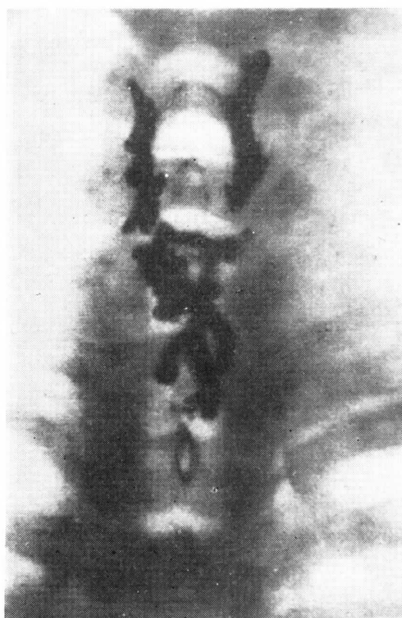


FIG. 193. — El raquis de frente acusa una inyección opaca introducida en el espacio subaracnoideo, dispuesta en diversos grumos, en situación un tanto simétrica. La asimetría de los grumos y el atasque de los mismos orientaría sobre obstáculos que son adherencias y procesos expansivos de la cavidad raquídea.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Raquis. Conducto raquídeo (contenido meningomedular). Niveles del raquis = Pisos = Segmentos = Metámeros. Paquimeninge. Leptomeninge. Manguito dural del agujero de conjunción. Anillo óseo vertebral. Matrices de crecimiento. Cifosis. Lordosis. Escoliosis. Superposiciones de contrastes vertebrales radiográficos. Esquinas vertebrales. Mielografía por contraste ascendente. Espacio epidural. Espacio interaracnoideo. Espacio subaracnoideo. Duramadre. Aracnoides. Piamadre. Venas raquídeas. Ligamento dentado.

CAPÍTULO 31

ANATOMÍA APLICATIVA DEL RETROSOMA REFERIDA AL ENDEREZAMIENTO

Se trata de un conjunto de musculaturas, dispuesto en el RETROSOMA, para enderezar la columna vertebral en la estática y marcha. Además, hay que adaptar a este enderezamiento la capacidad respiratoria de la extremidad superior para la trepa.

Con el fin de tales enderezamientos, las musculaturas retrosomáticas están dispuestas en diversas capas: 1.° Capas profundas, de fibras cortas cuya misión fundamental es mantener unidas las piezas óseas evitando su excesiva distensión. 2.° Capas que van a continuación, más largas, que actúan en el enderezamiento del cuerpo en vertical. 3.° Capas más en superficie, que se ocupan del enderezamiento inspiratorio del tórax adaptado a la vertical. 4.° Por último, capas muy extensas y en completa superficie, que se ocupan del enderezamiento de la extremidad superior para la trepa. La inervación de todas es fundamentalmente metamérica, correspondiendo las musculaturas profundas a los nervios retrosomáticos. Las musculaturas superficiales, en cambio, son inervadas más bien por ramos presomáticos (fig. 194).

Las musculaturas en profundidad, dispuestas a mantener la unión de las piezas óseas inmediatas (fig. 195), se comportan como *verdaderos ligamentos activos,* y pueden ser recordadas de la siguiente forma (fig. 196): en la nuca están el *recto posterior menor* y el *recto posterior mayor* que desde las apófisis espinosas del atlas y del axis van al occipital. También están el *oblicuo inferior* y *oblicuo superior,* que desde la apófisis transversa del atlas se lanzan respectivamente a la apófisis espinosa del axis y al occipital. Así, estos músculos mantienen debidamente unidos occipital, atlas y axis, evitando una fatal luxación. Un fin parecido tienen los *músculos transverso-espinosos* que, lanzados desde las apófisis transversas que se hacen ostensibles, se difunden en abanico por las apófisis espinosas. Todos estos músculos tienen inervación metamérica, correspondiendo la primera rama nerviosa retrosómica cervical (nCl) a los pequeños músculos rectos y oblicuos de la nuca indicados.

FIG. 194. — Aspectos de desarrollo sucesivo del Retrosoma (embriones de 14 y de 40 mm), mostrando en la representación más inferior el estado adulto. Aquí interesa señalar que las musculaturas profundas a base del transverso espinoso (TrEs), así como el tríceps espinal, constituido por el epiespinoso (EpE), longísimo (Lon) e iliocostocervical (Ic) con el esplenio (Espl), están dispuestos para el enderezamiento en vertical, siendo inervados por ramos retrosomáticos (nRet). El plano que hay inmediatamente por detrás a base de los pequeños serratos (Srr), establece un enderezamiento inspiratorio. El plano de los músculos que van a continuación, como el romboides (Romb) y el trapecio (Tra), van a integrar el enderezamiento de la extremidad superior para la trepa. Notemos que estos planos no son inervados por los nervios retrosomáticos, que aquí no tienen más misión que conducir la sensibilidad de la piel.

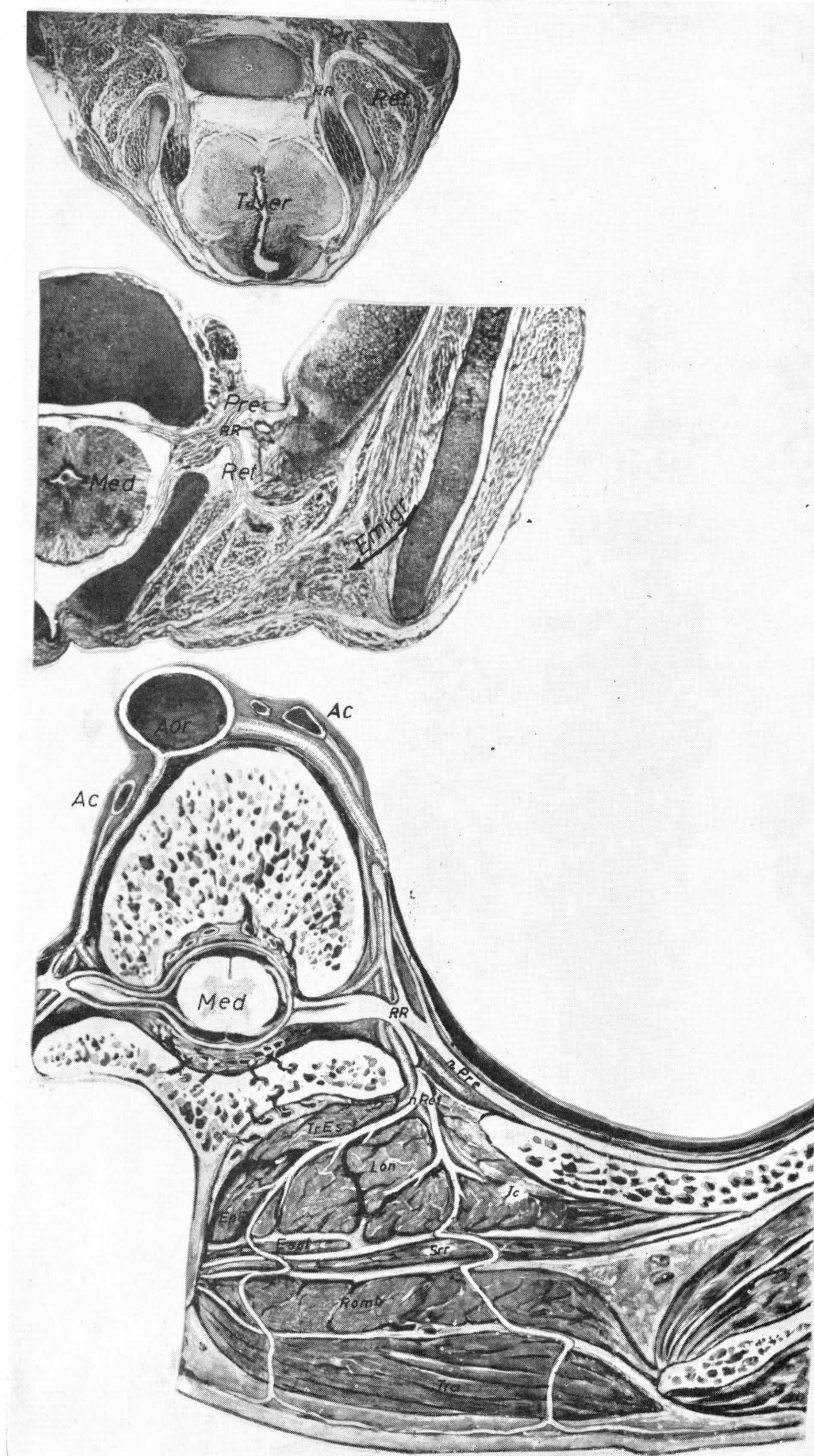

Pre
RR
Ret
Tuber
Pre
RR
Ret
Med
Emigr
Ac
Aor
Ac
Med
RR
n.Pre
n.Ret
Tr.Es
Lon
Jc
Srr
Romb
Tra

Fig. 194

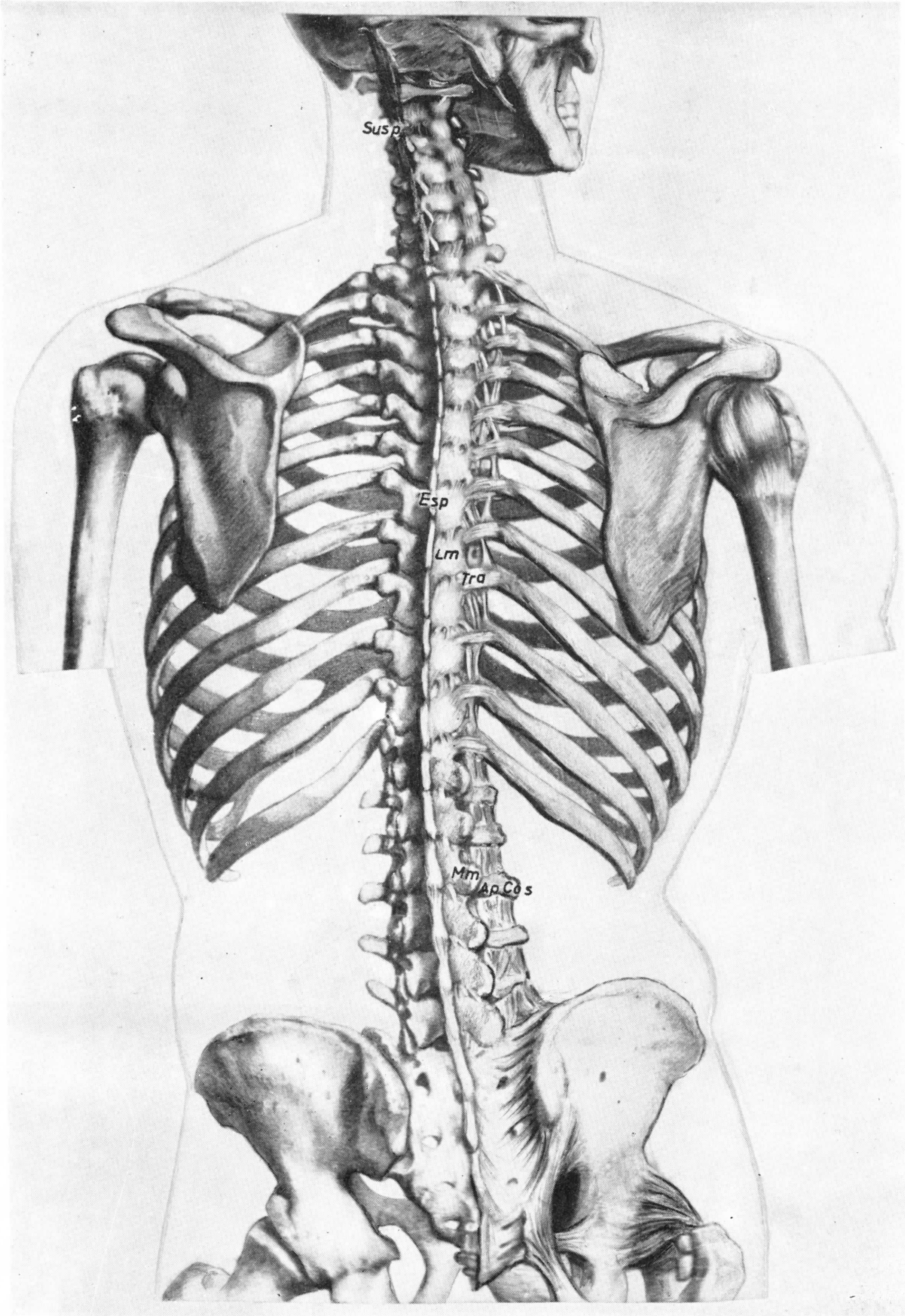


FIG. 195

El *plano que va a continuación*, de músculos alargados, ENDEREZA EL RETROSOMA EN VERTICAL, tratándose de tres tiras carnosas, integrando así el llamado *músculo tríceps espinal* (fig. 197). La *tira epiespinosa* (EpE); la *tira longísima* (Ld), inserta en las apófisis transversas; en fin, la *tira iliocostocervical* (IC) inserta en ángulos de las costillas. Estas tres tiras cogen prácticamente toda la longitud del retrosoma, llegando hasta la cabeza. Además, ofrecen una atadura especial en la llamada zona crucial (cruz de los cuadrúpedos), correspondiente a aquella parte cervicodorsal de columna vertebral de la que hay que tirar para restablecer la verticalidad cuando la pelvis se inclina lateralmente. La *musculatura epiespinosa* consta del *epiespinoso del dorso* (EpE), continuado y fenestrado con el *epiespinoso de la cabeza o digástrico de la nuca* (Di), precisamente a nivel de la zona crucial compensadora. La *musculatura longísima* consta del *longísimo del dorso* (LD) que llega hasta las apófisis transversas de la zona crucial compensadora, y que se continúa y fenestra con el *longísimo del cuello* (Lc), con el *longísimo menor de la cabeza* (Lm) y con el *longísimo mayor de la cabeza* (LM), debiendo de advertir que todos los músculos indicados confluyen y se fenestran en las apófisis transversas de la zona crucial de curvaturas compensadoras, sobre la que hay que actuar para que quede siempre en vertical. La *musculatura iliocostocervical* (CCer), a la que podíamos añadir una

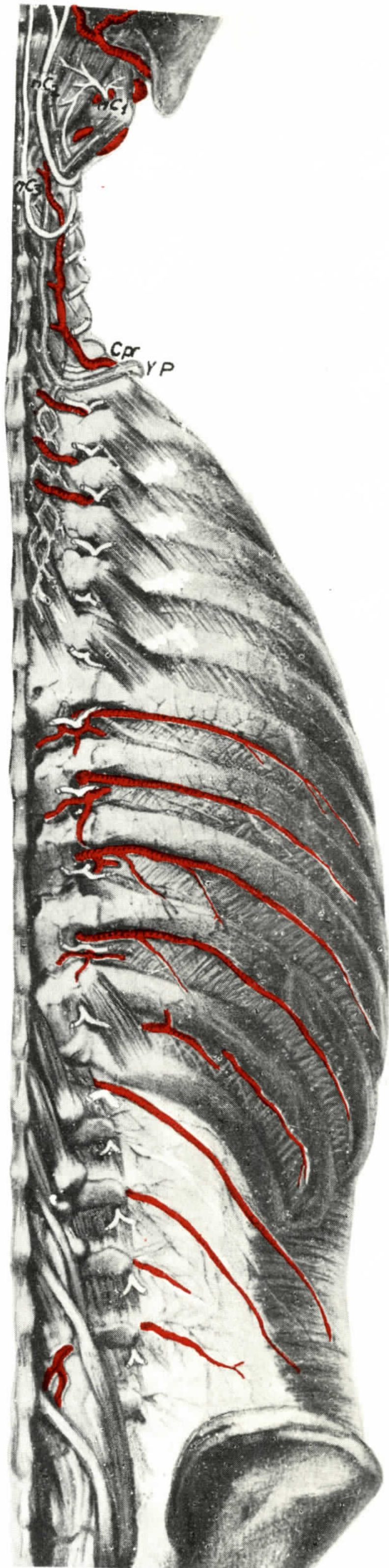


FIG. 196

→

FIG. 196. — Mostrando algunos pequeños músculos profundos, así como pequeños ramos arteriales y nervios: (Cpr) Arteria cervical profunda. (YP) Vena yugular posterior. (nC1, nC2, nC3) Ramas retrosomáticas de nervios cervicales.

←

FIG. 195. — Como recordatorio de inserción de los músculos retrosomáticos apreciemos dorsalmente el esqueleto y, en concreto, el ligamento suspensorio (Susp), la línea de apófisis espinosas (Esp), las apófisis transversas (Tra), los tubérculos mamilares (Mm), las apófisis costiformes (ApCos) y, por último, el canal laminar del fondo (Lm).

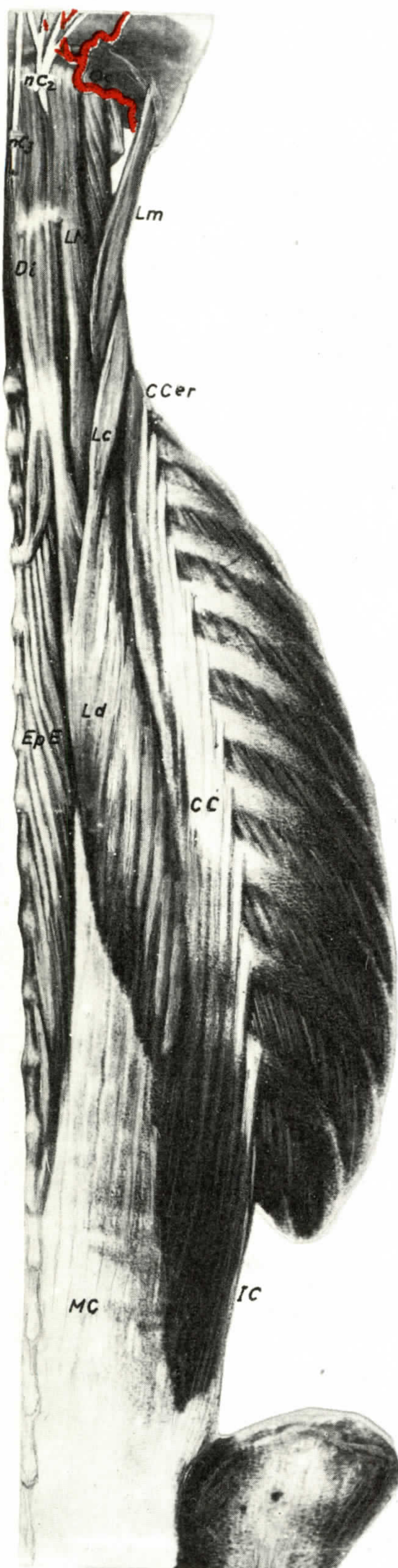


Fig. 197



Fig. 198

FIG. 197. — Músculo tríceps espinal partiendo de la masa común (MC) y digitándose en el epiespinoso (EpE), longísimo del dorso (Ld) e iliocostal (IC). Este último, más arriba es costocostal (CC) y más arriba aún es costocervical (CCer). Notemos igualmente el longísimo menor de la cabeza (Lm) y el longísimo mayor de la cabeza (LM). Entre ambos pasa la arteria occipital (Oc). Notemos, por último, sobre el epiespinoso, el músculo digástrico de la nuca (Di).

FIG. 198. — Plano de los pequeños serratos mostrando el serrato inferior (Si) y el serrato superior (Ss). Apreciemos en profundidad el tríceps espinal con todas las dependencias indicadas en la figura precedente. Aquí debe de añadirse una dependencia más, no indicada anteriormente. Es el músculo esplenio de la cabeza (EsplCa) y el esplenio del cuello (EsplCu). Nótese, por último, el esqueleto lumbocostal de Grynfeltt en forma de ángulo entre la masa común sacrolumbar y la 12.ª costilla.

FIG. 199. — Muestra músculos de fijación del hombro en la trepa, como es el elevador (El), así como el romboides mayor (RM) y menor (Rm). Nótese el espacio lumbocostal de Grynfeltt, delimitado entre la 12.ª costilla, músculo oblicuo interno y serrato inferior; el límite de la masa común sacrolumbar está enmascarado por una cubierta aponeurótica dependiente del músculo transverso del abdomen.



FIG. 199

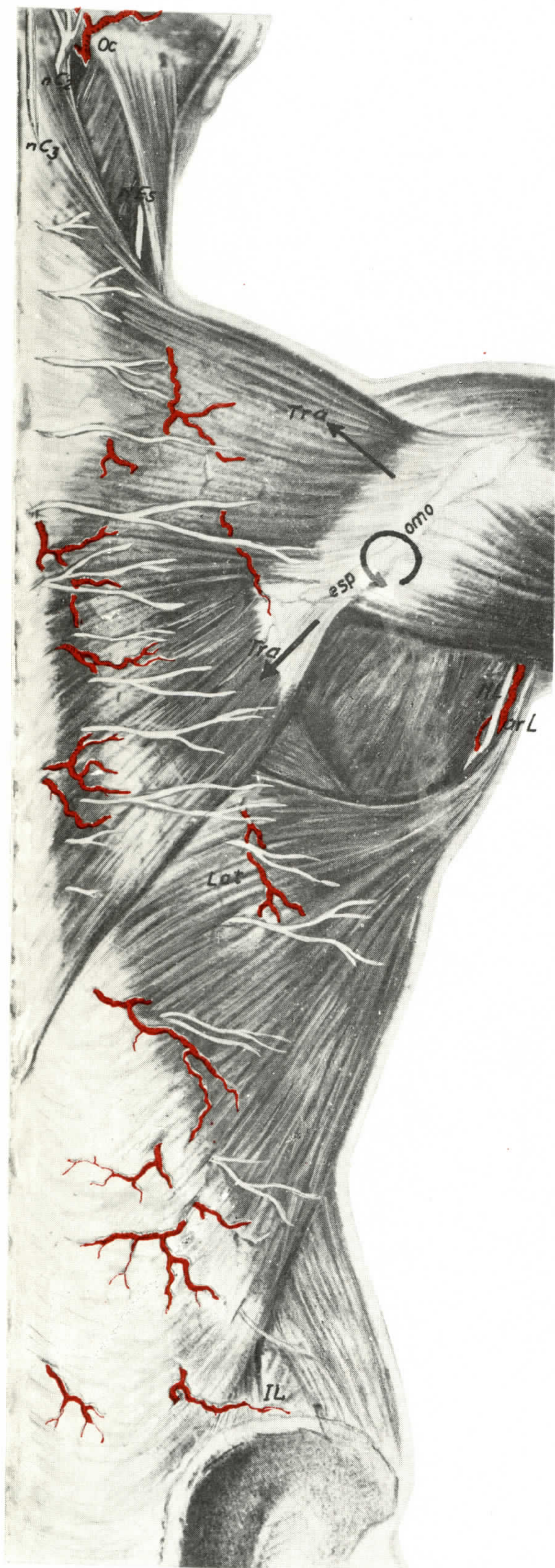


Fig. 200

Fig. 200. — Muestra el trapecio (Tra), inervado por el espinal (NEs), dispuesto a rotar la escápula para elevar la extremidad en la trepa. Vemos también el latísimo (Lat) con su nervio (NL) y su arteria (ArL), traccionando del brazo para que se aproxime y se eleve el cuerpo en la segunda fase de la trepa. (IL) Espacio iliolumbar de Petit, delimitado lateralmente entre el músculo latísimo y el oblicuo externo.

Fig. 201. — El individuo, en posición firme vertical, ofrece una columna vertebral enderezada, debiendo de reconocerse las apófisis espinosas de algunas vértebras, como la prominente (7c), la séptima dorsal (7d) a nivel del ángulo inferior de la escápula y la cuarta lumbar (4l) a nivel de la cresta ilíaca superior. Naturalmente, la 12.ª costilla debe de poderse tocar. La simetría de ambos lados orienta sobre el estado normal del sujeto.

Fig. 202. — Se han proyectado desde la línea media, en sentido lateral, las siguientes musculaturas: totalmente medial está el epiespinoso (Ep) y el digástrico de la nuca (Dg). En situación intermedia está el longísimo del dorso (LD) y su continuación superior con el longísimo del cuello (LC), el longísimo menor (Lm) y el longísimo mayor (LM). En situación totalmente lateral (sólo representado en el lado izquierdo) está el iliolumbar (IL), continuándose con el lumbocostal (lC), el costocervical (CC) y el esplenio (Espl). Notemos que en la encrucijada cervicodorsal existe el mayor número de inserción de masas musculares, cuyo fin es compensar las desviaciones laterales de la columna vertebral durante la marcha.

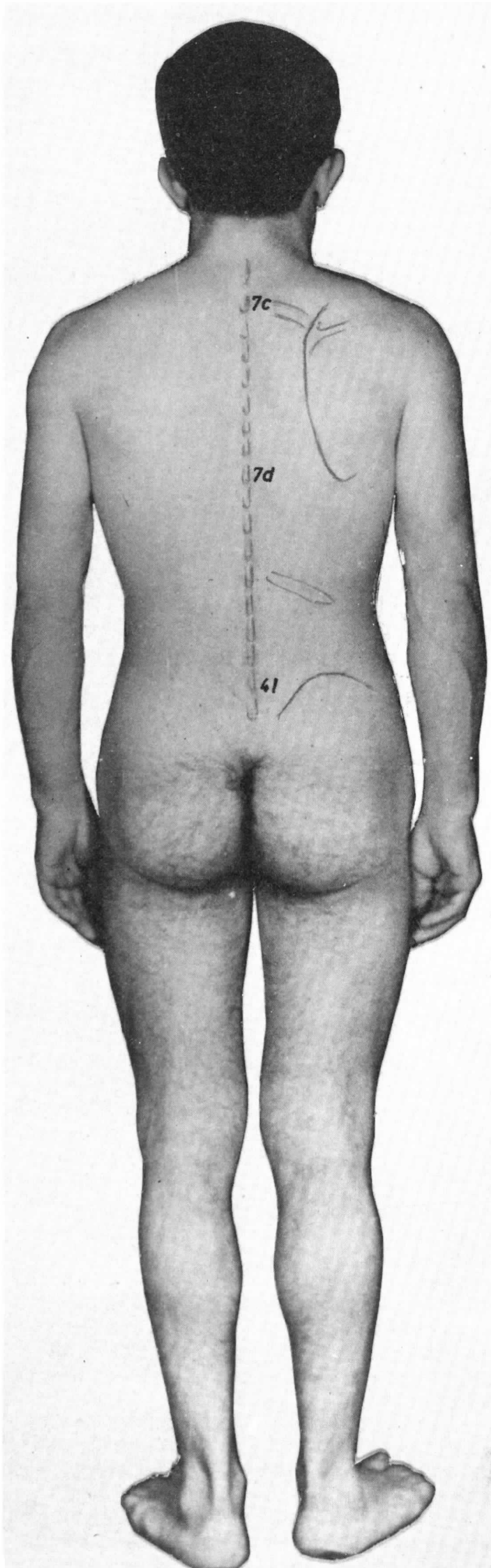


Fig. 201

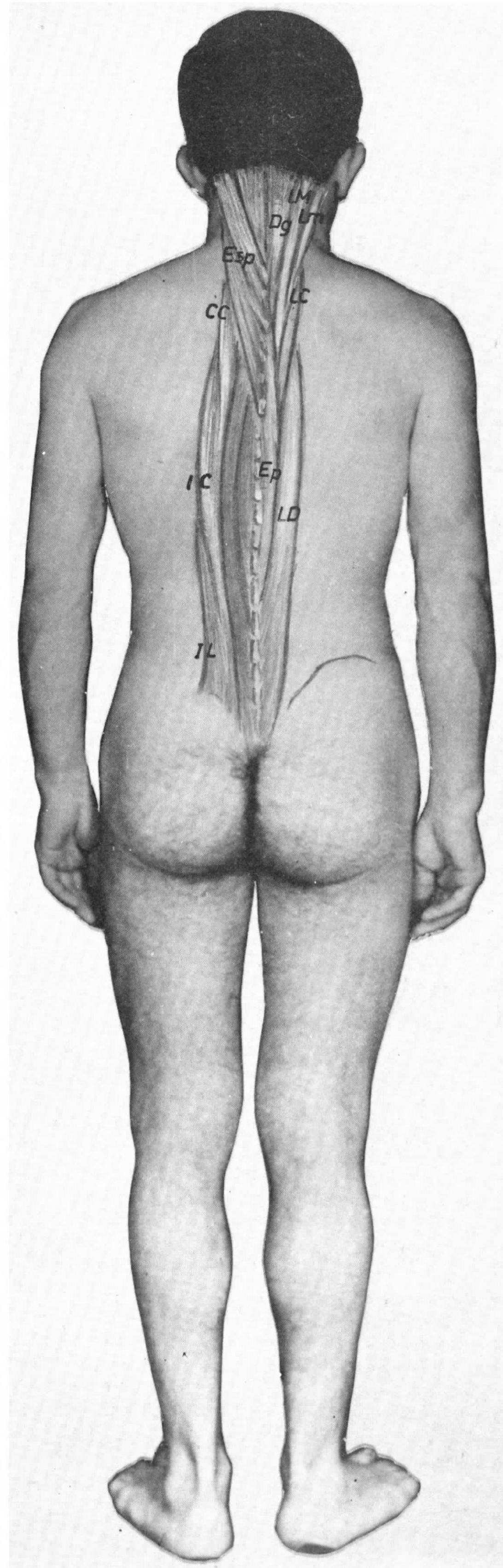


Fig. 202

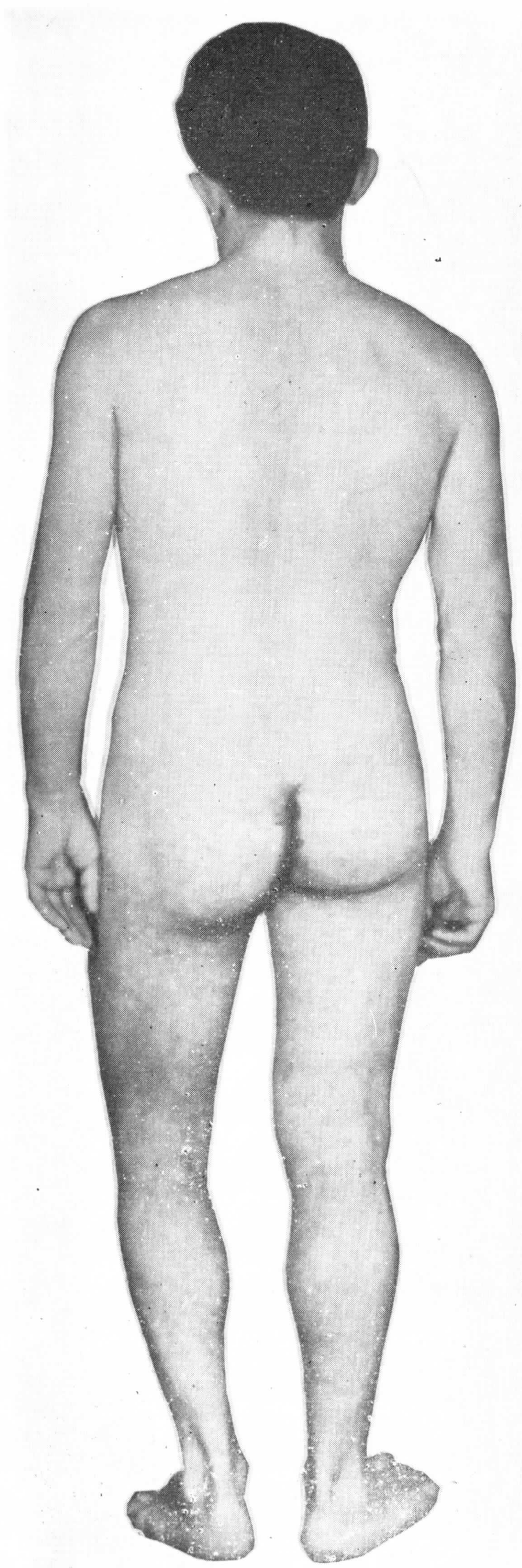


Fig. 203

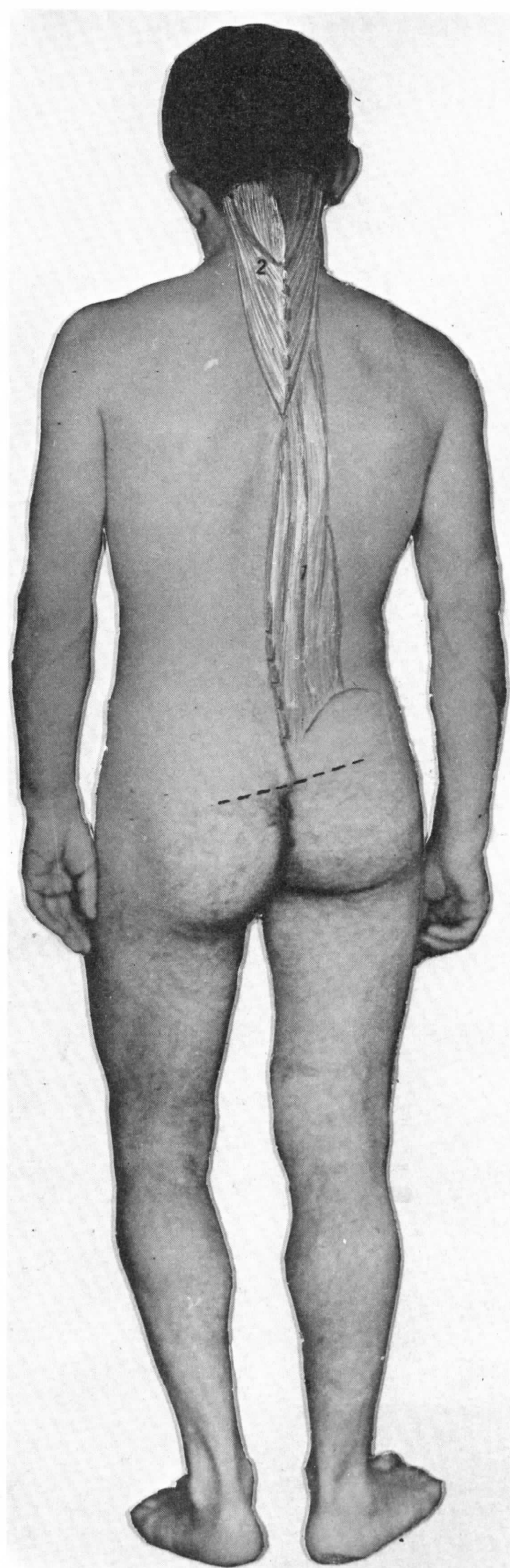


Fig. 204

parte intermedia *costocostal* (CC), disponiéndose así para actuar, no sólo enderezando y compensando en vertical las desviaciones laterales, sino actuando en las costillas, en cuyos ángulos posteriores se insertan para predisponer una especie de enderezamiento inspiratorio adaptado al enderezamiento en vertical. Esta tira muscular iliocostocervical, en su parte más alta, ofrece además un fascículo llamado *esplenio,* por su extensión cubriendo los demás (en una parte esplenia de la cabeza, EsplCa, fig. 198, y otra esplenia del cuello, EsplCu). El esplenio debemos de notar que además se inserta en la zona crucial espinosa crítica de curvaturas compensadoras, para integrar la vertical que venimos hablando. Todas las musculaturas indicadas tienen una inervación metamérica. Indudablemente el segundo (NC2) y tercer nervios retrosomáticos cervicales (NC3) ofrecen una zona más extensa de inervación para estas musculaturas tan desarrolladas aquí.

Así constituido, pues, el tríceps espinal, debe de considerársele (a efectos de conservar la vertical en la marcha) dividido en cuatro zonas funcionales: dos derechas y dos izquierdas, referidas a la parte oral y la parte caudal. Por lo tanto, al inclinarse la pelvis en el avance por falta de apoyo en una extremidad, entonces la zona crucial del retrosoma y la cabeza deben ser verticalizadas. Si la pelvis pierde apoyo en el lado izquierdo, por ejemplo, para llevar la zona crucial a la vertical, hace falta la acción del tríceps espinal caudal derecho, y para que en este mismo momento se conserve la cabeza en vertical hace falta la contracción del tríceps espinal oral izquierdo.

El *plano situado inmediatamente por encima* o de ENDEREZAMIENTO INSPIRATORIO corresponde a los dos serratos, a saber: el *serrato menor posterior superior* (Ss) (fig. 198) que tira de los ángulos de las primeras costillas hacia arriba y el *serrato posterior inferior* (Si) que tira de las costillas inferiores hacia atrás, abriéndose así la base torácica. Estos músculos y su aponeurosis interserrata forman un plano perfectamente definido, inervado presomáticamente por ramos intercostales.

Los planos restantes están en superficie y se atan en la *extremidad superior enderezándola para la trepa.* El *primer acto de la trepa* que obliga a elevar la extremidad superior para que se agarre a cierta altura co-

FIGS. 203 y 204. — El individuo ha perdido el apoyo en el lado izquierdo; por lo tanto, la pelvis cae por este lado mientras se desvía hacia aquí la columna vertebral. Nótese ahora cómo tiran las musculaturas insertas en la parte derecha dorsolumbar (1) para compensar la desviación de la columna vertebral, estableciendo una curvatura aquí en sentido contrario. Esta curvatura debe ser compensada cervicalmente en el lado izquierdo por la contracción de las musculaturas que corresponden (2).

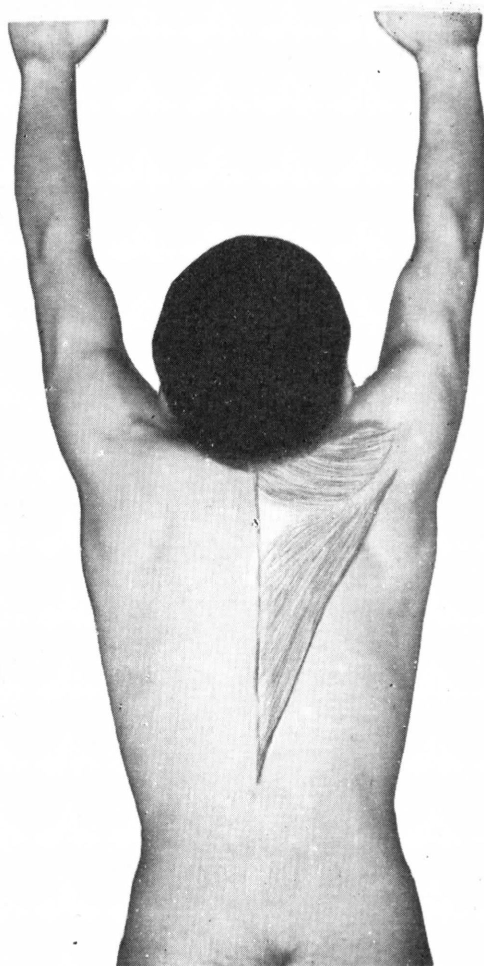


FIG. 205. — La primera fase de la trepa eleva la extremidad superior para agarrarse, debiendo de notar la contracción del trapecio entre otras musculaturas.



FIG. 206. — El enderezamiento del individuo está relacionado con el enderezamiento inspiratorio merced a la elevación de los dos pequeños serratos que intensifican la inspiración y la acomodan al estado de enderezamiento general.

rresponde, entre otras musculaturas, al *trapecio* (fig. 200), que se inserta en la espina del omoplato y en la clavícula y de aquí sus fibras se esparcen, yendo las más mediales hacia abajo y las más laterales hacia arriba, incluso hasta la misma cabeza. De esta manera, el omoplato rota (flechas) de tal forma que posibilita la elevación de la extremidad superior en vertical. Este primer acto de trepa es impulsado por el nervio espinal (NEs) y por ramas cervicales, con el que se anastomosan, encontrándose sus centros neuromusculares bastante altos, a nivel de los primeros metámeros cervicales y llegando al mismo bulbo raquídeo como ya se conoce. Esta altura de los centros neuromusculares espinales está en relación con el matiz intencional del primer acto de la trepa. El *segundo acto de la trepa* está constituido por músculos situados bajo el trapecio, correspondiendo al *latísimo* (Lat), que tira del brazo (cuello quirúrgico húmero), facilitando así la elevación del tronco. También forma parte de este segundo acto de trepa el *romboides mayor* (RM) (fig. 199), el *romboides menor* (Rm) y el *elevador de la escápula* (El), dispuestos como ramas de pinza que abrazan al esplenio (Espl) por delante y por detrás. Recordemos que el elevador y el romboides están inervados por un ramo alto que toma el nombre de estos músculos. Lo mismo le ocurre al latísimo inervado por otro ramo llamado del latísimo. Sus troncos de origen son presomáticos.

Todo lo que indicamos debe de ser cuidadosamente comprobado en el cadáver, así como la irrigación de los distintos planos: la arteria vertebral (fig. 196) será difícil de demostrar; sin embargo, podrá verse mejor la cervical profunda (Cpr), la escapular su-

perior (Ess) (fig. 199) y la cervical superficial (Cers)[1].

[1] El retrosoma neuromuscular destinado al enderezamiento, es el objeto del precedente capítulo. Una subdivisoria en regiones cervical, dorsal, lumbar y sacra puede ser útil, si es que las vértebras que corresponden centran el interés fundamental del caso. Téngase cuidado al pretender limitar regiones donde pudiera desvirtuarse el concepto funcional. A este propósito nos referimos a la región de la nuca, cuyo límite inferior conviene dejarlo impreciso. Lo mismo decimos de esa zona crucial entre la cerviz y el dorso (cruz de los cuadrúpedos), cuya continuidad ascendente y descendente permite conservar el concepto de enderezamiento rítmico durante la marcha. Dicha zona crucial cervicodorsal, al mismo tiempo que contribuye al sostén del hombro influye en la misma respiración. La sección quirúrgica aquí de músculos que sostienen el hombro, acompañada de un desprendimiento del sostén vertebral de las primeras costillas, provoca un desplome en la región, lo que lograría comprimir un vértice pulmonar enfermo, imposible de achicar por otro procedimiento. Tal es el fundamento de la llamada toracoplastia apical, aplicable a ciertas tuberculosis pulmonares de la zona de desplome.

Los trastornos que el retrosoma acuse, suelen ser originados en su mayor parte en la misma columna vertebral. Sólo los traumatismos que destruyen directamente las musculaturas son las circunstancias a considerar en la región de nuestro estudio de hoy. Para terminar, debe de recordarse el tránsito de la faja abdominal hacia el retrosoma, formando el llamado *espacio costolumbar*, de GRYNFELTT (fig. 199), ocupado en su fondo por la aponeurosis del músculo transverso abdominal y cuyos límites son: el oblicuo menor del vientre, la duodécima costilla, el serrato menor posterior inferior y el músculo ileocostal. A través de este espacio llega el cirujano hasta las vísceras retroperitoneales. Más en superficie habría que recordar la existencia del espacio *iliolumbar*, de PETIT (IL) (fig. 200).

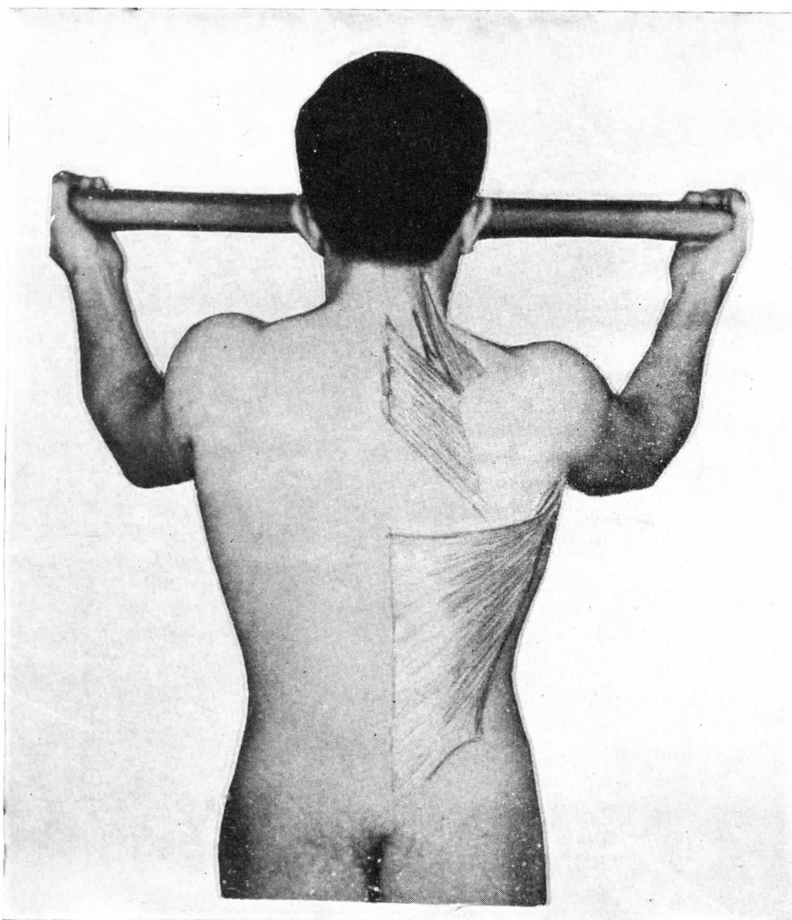


FIG. 207. — En la segunda fase de la trepa el cuerpo se eleva, al aproximarse la extremidad al tronco merced a las tracciones del latísimo, romboides y elevador de la escápula.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Retrosoma enderezador = Retrosoma muscular. *Enderezamiento estático y en la marcha* (sistemas neuromusculares). Adaptación inspiratoria del enderezamiento (sistemas neuromusculares). *La trepa:* Sistemas neuromusculares para la elevación del miembro. Sistemas neuromusculares para la elevación del tronco. La nuca. La encrucijada cervicofacial. Pequeños músculos rectos y de la nuca. Músculos transversos espinosos. Músculo tríceps espinal (músculo epiespinoso del dorso, longísimo del dorso, ileocostal). Epiespinoso, digástrico de la cabeza o de la nuca. Longísimo del cuello, longísimo menor de la cabeza, longísimo mayor de la cabeza. Complejo mayor. Complejo menor. Esplenio. Pequeños serratos y aponeurosis. Elevador de la escápula y romboides. Latísimo. Trapecio. Asa nerviosa espinal. Segundo nervio retrosomático cervical. Arteria cervical profunda. Arteria occipital. Arteria vertebral.

EXTREMIDAD INFERIOR

CAPÍTULO 32

LA ORGANIZACIÓN PARA LA ESTÁTICA Y LA MARCHA. EXTREMIDAD INFERIOR: ESQUELETO DEL PIE PARA EL APOYO. PUENTE. TARSO. METATARSO. FALANGES. LIGAMENTOS PLANTARES. ARTICULACIONES DE LOS DEDOS

LA ORGANIZACIÓN PARA LA ESTÁTICA Y LA MARCHA=EXTREMIDAD INFERIOR

El enderezamiento de nuestro cuerpo, expresado en el retrosoma, se propaga a lo largo de la extremidad inferior hasta el suelo, estableciéndose un apoyo (figs. 209 y 210). Este apoyo se realiza con el *pie*, que es la zona principal de la extremidad. Existen, además, otras formaciones también diferenciadas, que matizan este apoyo, así: el *tobillo*, que matiza el apoyo del pie, facilitando oscilaciones del cuerpo para el equilibrio; la *rodilla*, que matiza el apoyo del pie, facilitando a la extremidad movimientos para la marcha, y, por último, la *cadera*, que matiza el apoyo del pie, adaptándolo al enderezamiento dé todo el cuerpo, tanto en la estática como en la marcha.

La extremidad posee un eje esquelético que transmite las líneas de fuerza en forma apropiada para realizar las funciones que se han indicado, constituyendo el pie, el tobillo, la pierna, la rodilla, el muslo y la cadera, que son las zonas más dinámicas a destacar (figs. 209 y 210).

ESQUELETO DEL PIE PARA EL APOYO. — Los apoyos del pie en el suelo establecen una base de sustentación apropiada (fig. 212), en cuyo centro cae el centro de gravedad del cuerpo (X). Naturalmente, si el apoyo se hace con un solo pie, la base de sustentación se reduce, pero el centro de gravedad (X') siempre debe caer dentro de ella.

El apoyo se hace fundamentalmente a base del *talón* (T) prolongado por el *margen externo* del pie (E) hasta los últimos dedos. El apoyo también se hace en la *punta del pie* (Pun), correspondiente a la zona de implantación del dedo gordo. El resto de la planta del pie es una concavidad o *puente plantar* destinado a amortiguar el peso transmitido y dispuesto en una concavidad distal (Dis) continuada con una concavidad medial (Med).

El apoyo del talón (T) se hace mediante el *calcáneo* (fig. 213), que ofrece una superficie limitada por tres grandes tubérculos o *trígono calcáneo* de apoyo (T Cal). El margen externo del pie se apoya merced a la existencia de un hueso, el *cuboides*, que proporciona como apoyo la *cresta del cuboides* (Cre Cu). Después viene el *quinto metatarsiano* con su «base estiloidea» (EstV), así como el *cuarto* (mIV), que también apoya, integrando así el apoyo del margen externo del pie. La unión

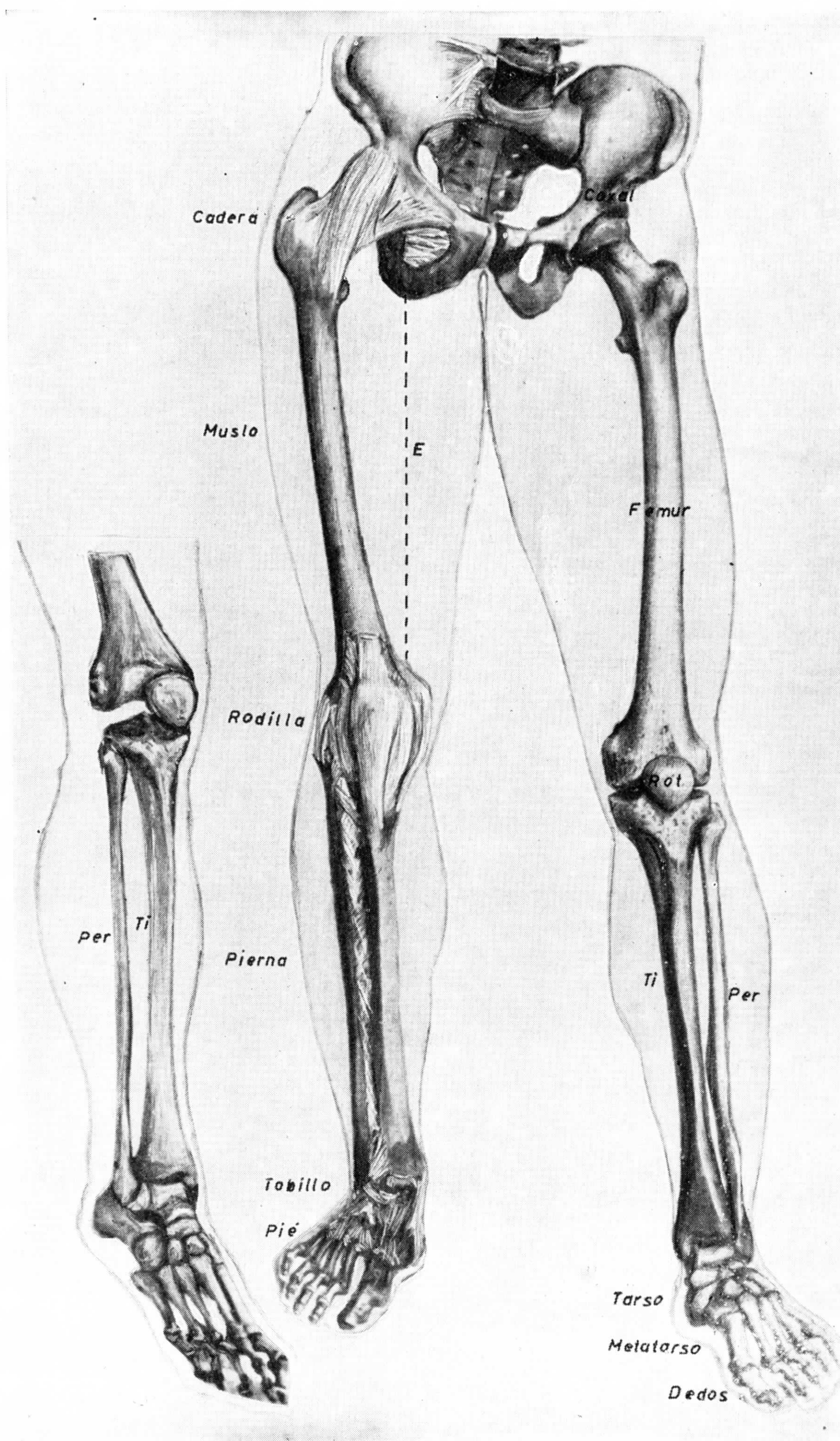


FIG. 208. — Esqueleto de la pierna y pie. Visión anterior oblicua.

FIG. 209. — Esqueleto de la extremidad inferior en posición de descanso. Visión anterior.

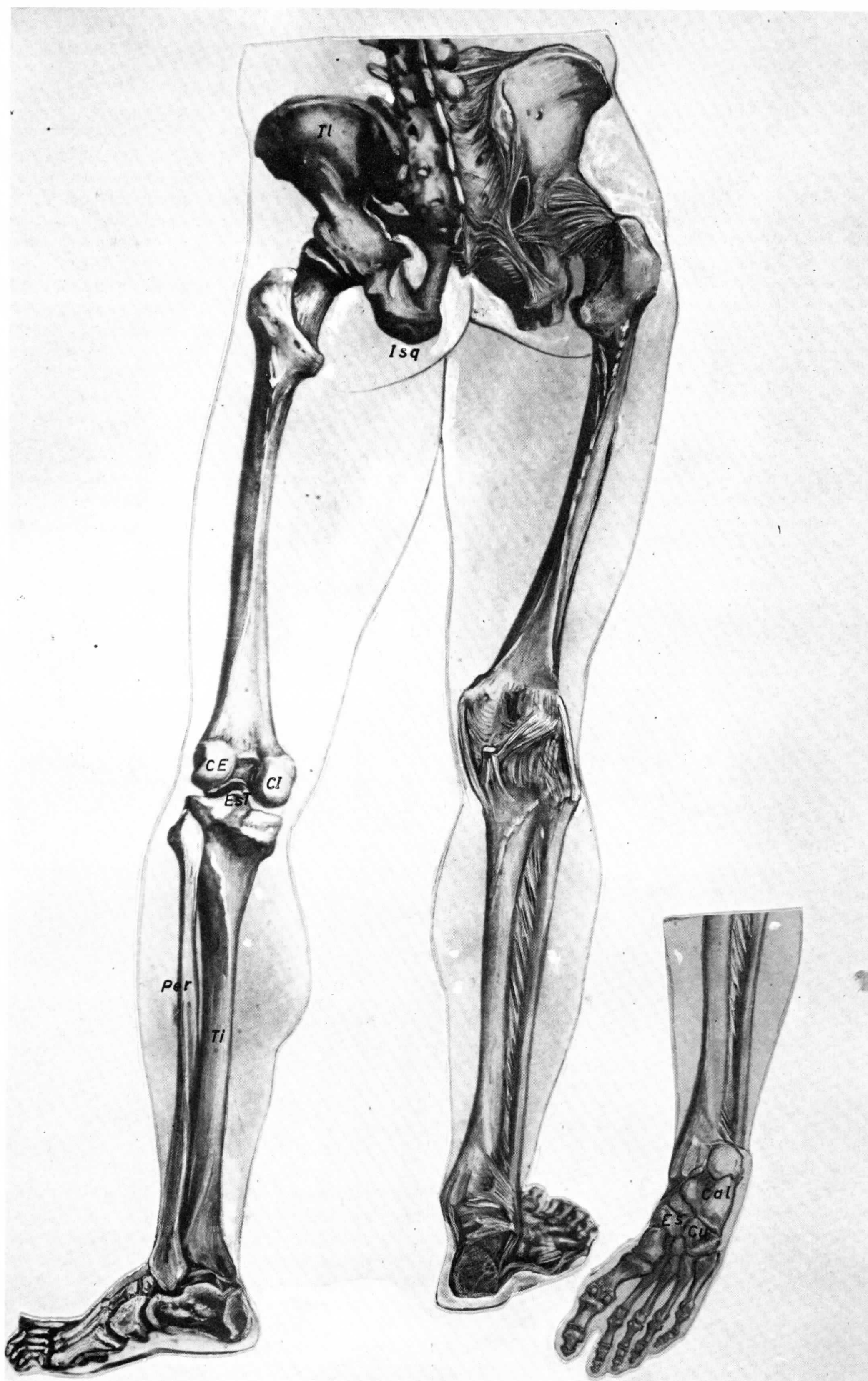


FIG. 210. — Esqueleto de la extremidad inferior en posición de descanso. Visión posterior.

FIG. 211. — Esqueleto del *tobillo y planta* del pie.

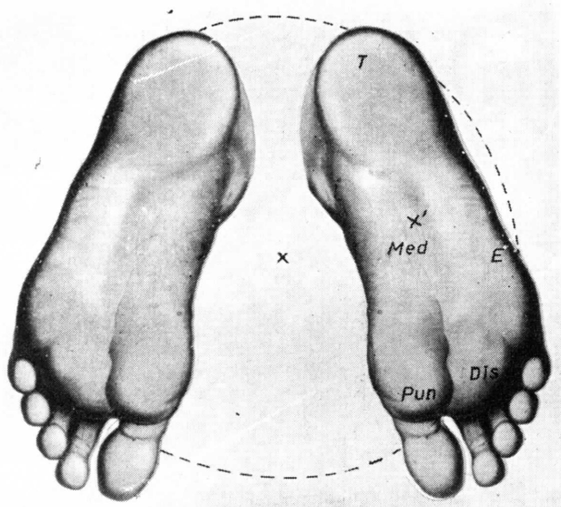


FIG. 212. — Apoyos plantares y base de sustentación.

del calcáneo con el cuboides se hace mediante una *diartrosis en encaje recíproco.* La unión del cuboides y de los dos últimos metatarsianos se hace también mediante otra articulación que resulta también como encaje recíproco, pues el cuarto y quinto metatarsiano aquí se encuentran unidos previamente por un ligamento interóseo, verdadero disco de anfiartrosis, estableciendo continuidad angular. Así resulta una línea de apoyo bien firme, pues las dos articulaciones de encaje recíproco que consideramos en el cuboides no sólo por detrás, sino también por delante, mantienen la solidez del margen externo del pie.

El apoyo de la punta del pie corresponde a la *cabeza* (Cab) del *primer metatarsiano,* que está muy desarrollada, lo que permite un buen apoyo; además, el cuerpo del primer metatarsiano tiene también un considerable desarrollo. El apoyo de este metatarsiano se ayuda progresivamente con los siguientes, que son los *metatarsianos segundo* y *tercero* (mII y mIII), uniéndose entre sí mediante verdaderos ligamentos interóseos o discos de anfiartrosis, constituyendo así todos los metatarsianos, por su base de implantación, un conjunto de gran solidez. Hacia atrás, los tres metatarsianos primeros van a intentar una unión como encaje recíproco, pero sólo consiguen una línea quebrada a base de que el segundo metatarsiano sobresalga más hacia atrás. De esta suerte, la triple meseta quebrada resultante es recibida por una triple meseta en sentido contrario, que la proporcionan tres nuevos huesos llamados *cuñas* (cuña primera, cuña segunda y cuña tercera, IC, IIC y IIIC), unidas entre sí mediante dos poderosos ligamentos interóseos. Esta unión de las cuñas también se corresponde en forma análoga a la unión de la tercera cuña con el cuboides. El bloque de las tres cuñas se une por último, sólidamente, ante el *escafoides.* Finalmente, el escafoides se une al calcáneo, no mediante una articulación, sino mediante un ligamento, el *ligamento triangular* o *cal*

LEYENDA DE LAS FIGS. 208, 209, 210 y 211

En el miembro inferior hay que distinguir cuatro segmentos, que de arriba abajo son: la *cadera,* el *muslo,* la *pierna* y el *pie.* Entre el muslo y la pierna está la *rodilla,* y entre la pierna y el pie se encuentra el *tobillo.*

El esqueleto de la cadera está constituido por el hueso COXAL. El esqueleto del muslo es el FÉMUR. En la pierna hay dos huesos, uno externo o PERONÉ (Per) y otro interno o TIBIA (Ti), entre los cuales queda un espacio interóseo (fig. 208), obturado por una membrana ligamentosa (véase pierna derecha de la fig. 209). El esqueleto del pie es muy complejo y se describe con algún detalle en la leyenda de las figs. 213 y 214. En el pie hay que distinguir una cara dorsal o superior y otra plantar o inferior; esta última es la que apoya sobre el plano del suelo.

La extremidad superior del fémur se articula con el coxal. Las figs. 209 y 210 ofrecen los detalles de la extremidad superior del fémur izquierdo, mientras que la del derecho aparece recubierta de ligamentos.

El esqueleto de la rodilla está constituido por la extremidad inferior del fémur y por la extremidad superior de la tibia, además de un hueso sesamoideo de gran tamaño que es la RÓTULA (Rot). La rodilla izquierda de las figs. 209 y 210 aparece desnuda de todo revestimiento ligamentoso (véase también la fig. 208), mientras que la del lado derecho está recubierta de ligamentos.

El esqueleto del tobillo está formado por las extremidades inferiores del peroné y de la tibia, que abrazan a un hueso del pie llamado *astrágalo.*

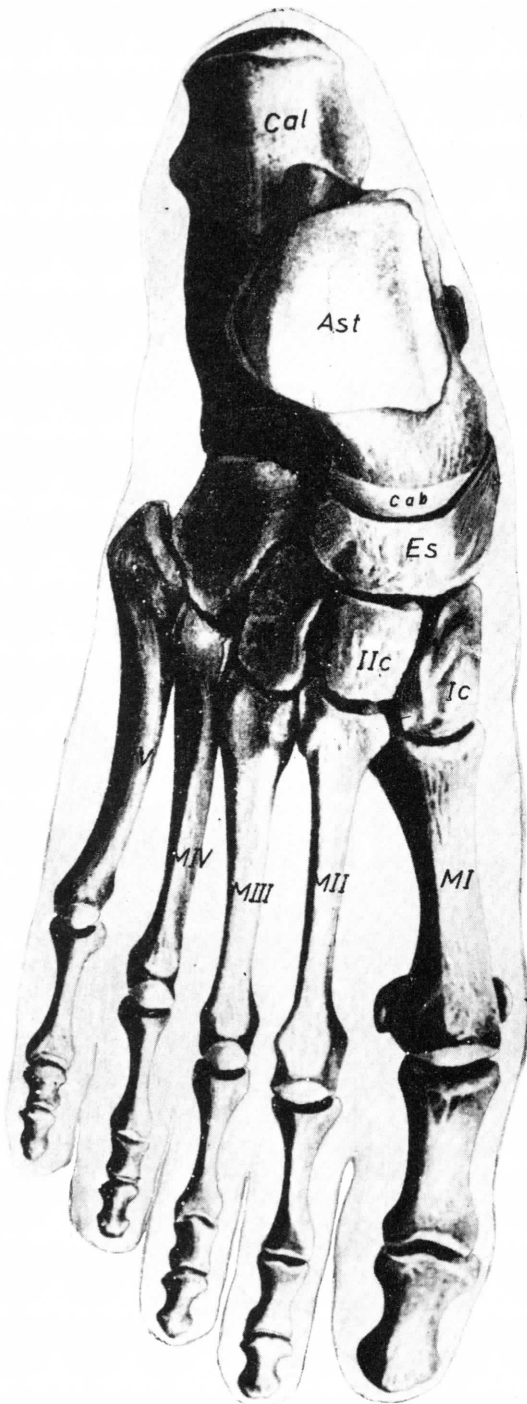


Fig. 214. — Visión dorsal del esqueleto del pie sin ligamentos.

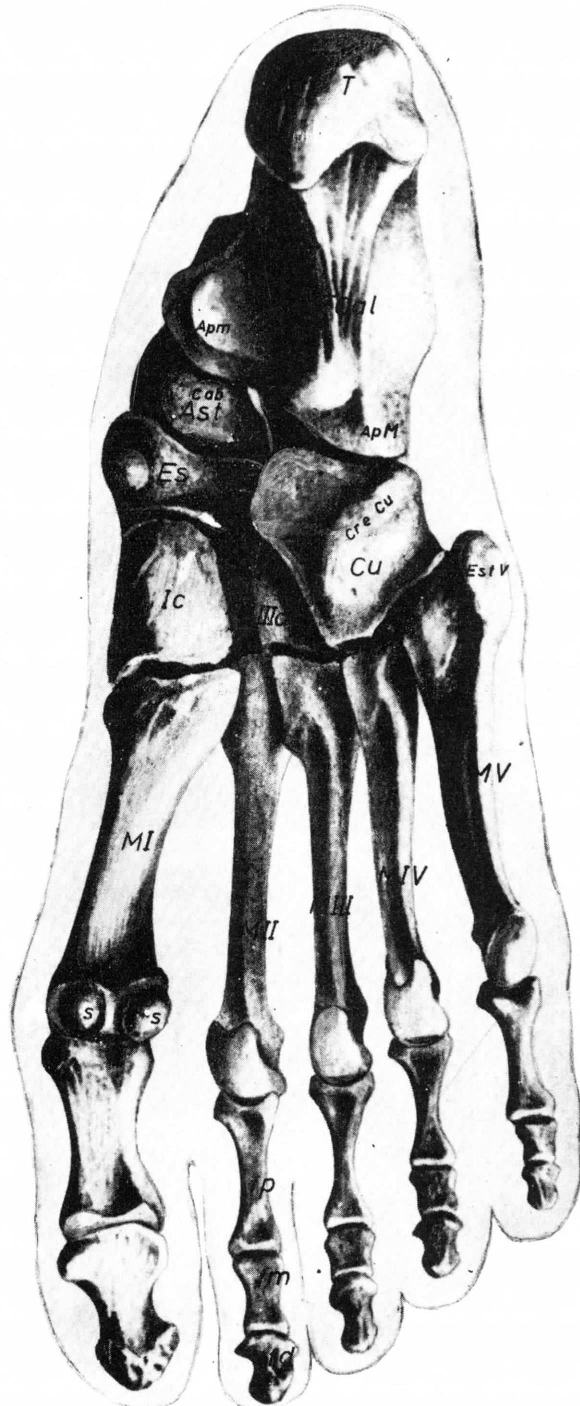


Fig. 213. — Visión plantar del esqueleto del pie sin ligamentos.

LEYENDA DE LAS FIGS. 213 y 214

En el esqueleto del pie se pueden distinguir tres conjuntos óseos: uno posterior o tarso, otro intermedio o metatarso y otro anterior o falanges.

El TARSO está compuesto por siete huesos, que se disponen en dos filas. La *fila posterior* está integrada por el calcáneo (Cal) y por el astrágalo (Ast); la *fila anterior* está formada por el escafoides (Es), el cuboides (Cu) y las tres cuñas (Ic, IIc y IIIc).

El METATARSO está constituido por cinco huesos largos, los *metatarsianos*, que se designan con los cinco primeros números ordinales. El primero es el más interno y se continúa por delante con el dedo gordo; el más externo es el quinto.

Las FALANGES son los huesos de los dedos. En cada uno de los cuatro últimos dedos hay tres falanges, que se designan como *falange proximal* (fp) o primera, *media* (fm) o segunda y *distal* (fd) o tercera. El dedo gordo posee solamente dos falanges.

El ASTRÁGALO, hueso corto de la fila posterior del tarso y situado encima del calcáneo, recibe directamente el peso del cuerpo, a través de la tibia que descansa sobre él. Presenta la *cabeza* (Cab), que es su parte anterior, el *cuello* y el *cuerpo*.

La cara superior del cuerpo del astrágalo (fig. 214) está tallada en forma de polea, la *tróclea astragalina*, sobre la que descansa la tibia. La tróclea es más ancha por delante que por detrás, y la ranura o garganta que separa sus dos vertientes está dirigida hacia adelante y hacia afuera. En ninguna de las dos figuras aparecen las caras laterales del cuerpo; no obstante se debe resaltar la presencia de carillas articulares para los maléolos en dichas caras. La carilla interna, que se articula con el maléolo tibial, tiene forma de coma horizontal con la extremidad gruesa hacia adelante. La carilla externa, articulada con el maléolo peroneo, es triangular. Inmediatamente por debajo de ella hay un saliente, denominado *apófisis externa del astrágalo*.

La cara o borde posterior del astrágalo (fig. 214) muestra un *tubérculo lateral*, muy prominente, y otro medial, entre los cuales queda un surco por el que pasa el tendón de un músculo *(surco del tendón del m. flexor largo del dedo gordo)*.

Este hueso no es visible por la planta del pie (fig. 213), excepto una parte de su cabeza (Cab Ast) que asoma en el intersticio que separa el calcáneo del escafoides. Dicho intersticio queda obturado por un ligamento (lig. triangular), sobre el que se apoya la cabeza del astrágalo.

El CALCÁNEO, situado debajo del astrágalo, apoya ampliamente en el suelo por su cara plantar (figura 213), en la que se pueden distinguir tres *tuberosidades*, dos de ellas posteriores (T) y una anterior. Estas tres tuberosidades forman los tres vértices de una superficie triangular, que algunos autores denominan *trígono calcáneo* y que, además de apoyar en el suelo, sirve de inserción a músculos y ligamentos.

En la fig. 213 se puede ver también la cara interna del calcáneo, excavada en forma de amplio canal, el *canal calcáneo*, cuya vertiente superior e interna prácticamente horizontal está muy elevada con respecto al plano del suelo. Esta vertiente es la *apófisis menor* del calcáneo (Apm), también denominada *sustentaculum tali*. La parte anterior del hueso recibe el nombre de *apófisis mayor* (ApM) y se articula con el cuboides.

La FILA ANTERIOR DEL TARSO forma un bloque de huesos muy unidos entre sí por medio de ligamentos. Es una verdadera unidad articulada por detrás con el astrágalo y el calcáneo *(articulación de Chopart)* y por delante con los metatarsianos *(articulación de Lisfranc)*.

El CUBOIDES (Cu) es el hueso más externo de la fila anterior del tarso y tiene forma de cuña con la arista dirigida hacia afuera y la base hacia adentro. Se sitúa entre el calcáneo, que está por detrás de él, y los metatarsianos cuarto y quinto (MIV y MV), que están por delante.

Las figs. 213 y 214 muestran las caras plantar y dorsal del cuboides, la primera de las cuales presenta una tuberosidad alargada, llamada *cresta del cuboides* (Cre Cu), que está situada inmediatamente por detrás de un canal por el que pasa el tendón de un músculo *(canal del tendón del m. peroneo lateral largo)*.

Hay tres caras del cuboides, cuyos detalles no pueden ser analizados en las figuras pero pueden ser deducidos. Así, la cara interna tiene que presentar dos facetas articulares, la una anterior para la tercera cuña (IIIc) y la otra posterior para el escafoides (Es). La cara posterior es una faceta articular relacionada con la apófisis mayor del calcáneo. La cara anterior presenta dos facetas articulares, una externa triangular y otra interna cuadrilátera, que se articulan respectivamente con las bases de los metatarsianos quinto y cuarto.

El ESCAFOIDES (Es) es el hueso de la fila anterior del tarso que ocupa la parte más alta de la bóveda plantar y, por lo tanto, no apoya en el suelo. Tiene forma de barquichuelo con la quilla dirigida hacia adelante. La cara posterior articular, elíptica y excavada, contacta con la cabeza del astrágalo. Su cara anterior presenta tres facetas que se articulan con las tres cuñas. La fig. 214 muestra el borde o cara dorsal, mientras que la fig. 213 ofrece su borde plantar, el cual se continúa hacia adentro con la extremidad interna del hueso, que se hace prominente y recibe el nombre de *tubérculo del escafoides*.

Las CUÑAS O HUESOS CUNEIFORMES, llamados así a causa de su forma, son tres huesos articulados entre sí y situados en la primera fila del tarso entre el escafoides, que está por detrás de ellas, y los tres primeros metatarsianos, que están por delante. No apoyan en el suelo y la situada en posición más alta es la segunda cuña (IIc). Su forma, como se

ha dicho, es una cuña con la arista orientada hacia la planta y la base en el dorso del pie en el segundo y tercer huesos cuneiformes (IIc y IIIc); la primera cuña (Ic), que es la más interna, tiene la base en la planta y la arista en el dorso del pie.

La primera y la tercera cuñas sobresalen hacia adelante con respecto a la segunda (fig. 214), y se forma así una mortaja en la que encaja la base del segundo metatarsiano. A causa de ello, en la cara externa y en la cara interna de la segunda cuña no hay más que una faceta articular, que contacta con la cuña vecina, mientras que la cara externa de la primera cuña y la cara interna de la tercera cuña ofrecen dos facetas articulares, de las cuales la posterior corresponde a la segunda cuña y la anterior a la base del segundo metatarsiano. La cara externa de la tercera cuña posee también dos facetas articulares, una posterior para el cuboides y otra anterior, muy estrecha, para la base del cuarto metatarsiano.

Las caras anteriores de las cuñas están articuladas con las caras posteriores de las bases de los metatarsianos primero (MI), segundo (MII) y tercero (MIII), y son triangulares con excepción de la cara anterior de la primera cuña que tiene forma de semiluna con la concavidad dirigida hacia afuera.

Las caras posteriores de los huesos cuneiformes son triangulares y cóncavas, y se articulan con sendas facetas de la cara anterior del escafoides.

Los METATARSIANOS (MI a MV) son huesos largos, colocados inmediatamente por delante del tarso en posición longitudinal con respecto al eje del pie (eje que pasa por el metatarsiano segundo). Desde el tarso estos huesos descienden divergiendo para apoyarse por su extremidad anterior en el plano del suelo; la extremidad posterior (sobre todo la de los tres primeros) está elevada con respecto a dicho plano. Entre cada dos metatarsianos queda un *espacio interóseo.*

Además de sus dos extremidades, en cada metatarsiano hay que distinguir un *cuerpo,* prismático triangular, que presenta dos caras laterales y una cara dorsal, separadas por tres bordes.

La *extremidad posterior,* llamada *base,* tiene forma de cuña. En su cara posterior hay una faceta articular (triangular en los metatarsianos segundo, tercero y quinto; cuadrilátera en el cuarto y semilunar en el primero) por medio de la cual los tres primeros metatarsianos se articulan con las tres cuñas, y los dos últimos con el cuboides. Las bases de los cuatro últimos metatarsianos contactan entre sí, por lo que en sus caras laterales existen superficies articulares para los metatarsianos vecinos.

La *extremidad anterior* o *cabeza* del metatarsiano es más voluminosa que el cuerpo y por medio de ella se articula con la falange proximal. Para ello ofrece una faceta articular, que es mucho más extensa por la cara plantar (fig. 213) que por la dorsal (fig. 214), donde apenas se esboza. A cada lado de la cabeza existe un *tubérculo lateral.*

El *primer metatarsiano* (MI) es el más corto y voluminoso de todos; en su base existe un saliente plantar, que la prolonga hacia atrás y afuera y que se denomina *tubérculo del primer metatarsiano.* Además de estos caracteres diferenciales, la cara plantar de la cabeza tiene dos pequeñas depresiones, que son la huella de dos *sesamoideos* (figura 213, S).

El *segundo metatarsiano* (MII) es el más largo de todos y el que más sobresale hacia adelante. Su base se encaja en la mortaja que le forman las cuñas, por lo que resulta también el más inmóvil de todos los metatarsianos. A causa de encajar en dicha mortaja, la base de este metatarsiano se articula con las tres cuñas: con la segunda por su cara posterior, y con la primera y la tercera por sus caras laterales. De ello resulta que la cara externa de la base de este hueso tiene dos facetas articulares; la una, posterior para la tercera cuña, y la otra, anterior para la base del tercer metatarsiano. En cambio, la cara interna de la base del segundo metatarsiano solamente presenta una faceta articular, la correspondiente a la primera cuña, pues el pri-nes, que son la huella de dos *sesamoideos* (figu-tarsiana.

La base del *cuarto metatarsiano* (MIV) suele contactar con la tercera cuña. Por ello no es raro encontrar dos facetas articulares en su cara interna, de las cuales una es anterior y otra es posterior, y se corresponden, respectivamente, con la base del tercer metatarsiano y con la tercera cuña.

La característica más notable del *quinto metatarsiano* es la existencia de un gran saliente óseo que prolonga hacia atrás y hacia afuera la base de este hueso y que recibe el nombre de *tubérculo del quinto metatarsiano* (fig. 213 EstV).

Las FALANGES son también huesos largos que forman el esqueleto de los dedos y que presentan un cuerpo y dos extremidades. El *cuerpo* tiene forma de semicilindro con la cara plana dirigida hacia la planta.

La *falange proximal* (fp) presenta una *extremidad posterior* o *base,* en la que hay que distinguir una superficie articular para la cabeza del metatarsiano correspondiente, excavada y elíptica con el eje mayor transversal, la cual se denomina *cavidad glenoidea.* La *extremidad anterior* o *cabeza* está tallada en forma de polea.

La extremidad posterior de la *falange media* (fm) muestra dos vertientes separadas por una cresta anteroposterior, que se corresponden con la polea de la falange proximal. La extremidad anterior es una superficie articular en forma de tróclea.

La superficie articular de doble vertiente que se articula con esta tróclea se encuentra en la extremidad posterior de la *falange distal* (fd), cuya extremidad anterior es una superficie ensanchada transversalmente y en forma de herradura, que en nómina recibe el nombre de *tuberosidad de la falange distal.*

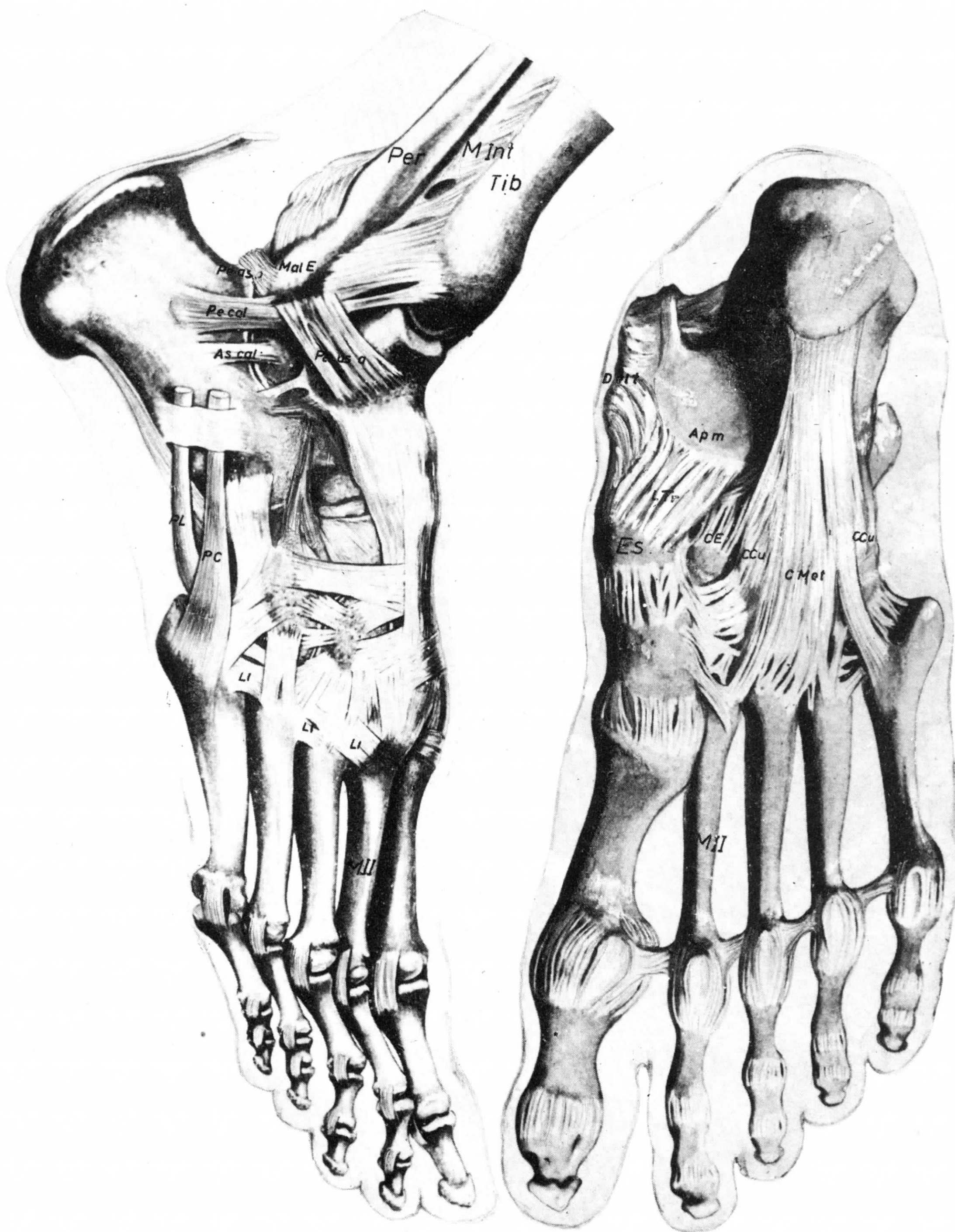


FIG. 216. — Visión dorsal del esqueleto y ligamentos del pie y tobillo.

FIG. 215. — Visión plantar del esqueleto y ligamentos del pie.

LEYENDA DE LAS FIGS. 215 y 216

Todas las articulaciones del pie son diartrosis y como tales poseen una cavidad articular, que queda limitada entre las superficies óseas articulares y la cápsula articular, y que está tapizada por la sinovial. La cápsula está reforzada por ligamentos, los cuales, por regla general, son plantares (fig. 215) y dorsales (fig. 216); algunas de estas articulaciones tienen ligamentos laterales (fig. 216). También existen ligamentos interóseos, que desempeñan un papel muy importante en el ensamblaje de los huesos del pie, y que se sitúan en el intersticio de las líneas articulares que se disponen sagitalmente.

Las líneas interarticulares se ven mejor en aquellas figuras en que el esqueleto del pie aparece desnudo de ligamentos, tales como las figs. 213 y 214. En el pie se pueden distinguir las siguientes articulaciones:

1. *Articulación astragalocalcánea posterior o subastragalina*, diartrosis del género trocoide. Las superficies articulares son la posterior de la cara inferior del astrágalo, que tiene forma de semicilindro hueco, y la posterior de la cara superior del calcáneo, tallada en forma de semicilindro sólido. Podría ser considerada como la articulación propia del tarso posterior, pues si bien hay una articulación astragalocalcánea anterior, ésta en realidad forma parte de la astragalocalcaneoescafoidea, la cual, como se dirá más adelante, contribuye a unir la fila anterior del tarso con la posterior.

2. *Articulación astragalocalcaneoescafoidea*, diartrosis del género enartrosis, cuyas superficies articulares son, por una parte, la cabeza del astrágalo, y por la otra, la cara posterior del escafoides, la superior del lig. calcaneoescafoideo plantar y las facetas articulares anteriores que se hallan en la cara superior del calcáneo sobre el *sustentaculum tali*.

3. *Articulación calcaneocuboidea*, de encaje recíproco. La superficie articular del calcáneo es la cara anterior de su apófisis mayor, que tiene forma de silla de montar con una convexidad de sentido transversal, mientras que en sentido vertical es cóncava por arriba y convexa por abajo. La superficie articular del cuboides es su cara posterior, tallada también en silla de montar, pero con las concavidades y las convexidades opuestas a las del calcáneo con las que engranan.

La clásica *articulación de Chopart o mediotarsiana* está constituida por la calcaneocuboidea y la astragaloescafoidea. Esta última forma parte de la articulación astragalocalcaneoescafoidea. La línea interarticular de Chopart está limitada por detrás por la cabeza del astrágalo y por la apófisis mayor del calcáneo, y por delante por el escafoides y por el cuboides.

4. *Articulaciones intertarsianas*. Todas ellas son artrodias y se encuentran en el bloque tarsiano anterior. Son las siguientes: a) *cuboideoescafoidea;* b) *cuneoescafoideas;* c) *intercuneales;* d) *cuneocuboidea.*

5. *Articulaciones metatarsofalángicas o articulación de Lisfranc*. En realidad son tres articulaciones distintas, todas ellas artrodias, puesto que hay tres cavidades articulares distintas, envueltas por sendas cápsulas articulares, cada una de ellas tapizada por su correspondiente sinovial. Estas tres articulaciones son las siguientes: a) la de la cuña primera con el primer metatarsiano; b) la de las cuñas segunda y tercera con los metatarsianos segundo y tercero; c) la del cuboides con los metatarsianos cuarto y quinto.

6. *Articulaciones intermetatarsianas*. Son artrodias. Unen los cuatro últimos metatarsianos por sus bases, en cuyas caras laterales se encuentran las superficies articulares. Las superficies articulares por las que contactan las bases de los metatarsianos segundo y tercero, están subdivididas en dos facetas por la existencia de un surco anteroposterior, labrado por un ligamento interóseo.

7. *Articulaciones metatarsofalángicas*. Hay que distinguir entre las de los cuatro últimos dedos y la articulación metatarsofalángica del dedo gordo. Son condíleas (aunque hay autores que las describen como enartrosis); la del dedo gordo es una condílea modificada por la existencia de dos sesamoideos, que la convierten prácticamente en una doble troclear. Las superficies articulares son las correspondientes a la cabeza del metatarsiano y a la cavidad glenoidea situada en la base de la falange proximal.

8. *Articulaciones interfalángicas*. Trocleares. En cada uno de los cuatro últimos dedos existen dos articulaciones interfalángicas, mientras que en el dedo gordo solamente existe una. La tróclea está en la falange situada por detrás de la línea interarticular, y la superficie articular de doble vertiente que engrana en la tróclea se encuentra en la falange colocada por delante de dicha línea.

En la fig. 215 se han representado los ligamentos plantares, aunque también puede verse el *lig. lateral interno* o *deltoideo* (Delt) de la articulación tibioperoneoastragalina. En dicha figura aparecen: 1) el *lig. calcaneoescafoideo plantar* o *lig. triangular* (Ltr), que se extiende desde la apófisis menor (Apm) del calcáneo al borde inferior del escafoides (Es), y pertenece a la articulación astragalocalcaneoescafoidea. 2) *Lig. calcaneocuboideo plantar* (CCu). 3) *Lig. plantar largo* (CMet). Los ligamentos calcaneocuboideo plantar y plantar largo se describen clásicamente como un solo ligamento, perteneciente a la articulación calcaneocuboidea, y constituido por dos capas: una capa profunda, que es el lig. calcaneocuboideo plantar, que está extendido entre la tuberosidad anterior del trígono calcáneo y la vertiente posterior de la cresta del cuboides; y una capa superficial (verdadero lig. calcaneocuboideometatarsiano, aunque en nómina recibe el nombre de lig. plantar largo), que por detrás se fija en el

trígono calcáneo y por delante en la cresta del cuboides, a la cual rebasa para insertarse en los cuatro últimos metatarsianos. 4) *Lig. cuboideoescafoideo plantar* (CE). 5) *Ligs. cuneoescafoideos plantares,* que se extienden entre el escafoides y las cuñas. 6) *Ligs. intercuneales plantares.* 7) *Lig. cuneocuboideo plantar.* Los ligamentos mencionados en los cuatro últimos apartados son haces fibrosos que refuerzan la cara plantar de las cápsulas de las articulaciones homónimas, y contribuyen a unir los huesos de la fila anterior del tarso en un bloque. En realidad el bloque tarsiano anterior forma una sola articulación, ya que sólo presenta una sola cavidad articular tapizada por una sinovial. En este bloque se puede considerar como línea interarticular principal la cuneoescafoidea, dispuesta transversalmente con respecto al eje del pie, y la sinovial que tapiza esta cavidad emite prolongaciones que se introducen entre las cuñas, así como otras dos, una de las cuales se dirige hacia atrás entre el escafoides y el cuboides, y la otra va hacia adelante entre la tercera cuña y el cuboides. 8) *Ligs. tarsometatarsianos plantares,* que en la fig. 215 están en parte cubiertos por el lig. plantar largo. Estos ligamentos unen la cuña primera a la base de los tres primeros metatarsianos, la cuña segunda a la base del metatarsiano segundo, la cuña tercera a las bases de los metatarsianos tercero y cuarto, y la cara plantar del cuboides a la base de los metatarsianos cuarto y quinto. 9) *Ligs. metatarsianos plantares,* que unen entre sí las bases de los cuatro últimos metatarsianos; en la fig. 215 solamente se ve alguno, como el que se extiende entre las bases de los metatarsianos cuarto y quinto. 10) *Cápsulas articulares* y *ligs. plantares* de las articulaciones metatarsofalángicas; estos ligs. plantares son fibrocartílagos que prolongan plantarmente la cavidad glenoidea de la base de la falange proximal con el fin de hacerla congruente con la superficie articular de la cabeza del metatarsiano. 11) *Lig. metatarsiano transverso profundo,* que une entre sí las cabezas de los metatarsianos. 12) *Cápsulas articulares* de las articulaciones interfalángicas.

En la fig. 216 se representan la membrana interósea de la pierna, ligamentos de las articulaciones tibioperonea inferior y tibiotarsiana, y los ligamentos dorsales y laterales de las articulaciones del pie.

La *membrana interósea de la pierna* (M Int) está constituida por fibras que desde el borde externo de la tibia se dirigen a una cresta longitudinal de la cara interna del peroné, denominada cresta interósea.

La fig. 216 ofrece la visión de los ligs. tibioperoneos anterior y posterior de la articulación homónima. El *lig. tibioperoneo anterior* se extiende desde la parte inferior de la cara externa de la tibia y borde anterior de este hueso hasta el borde anterior del maléolo externo. El *lig. tibioperoneo posterior* va desde la cara posterior de la tibia hasta el borde posterior del maléolo peroneo. Las fibras de estos dos ligamentos, al igual que las de la membrana interósea, están dirigidas oblicuamente de dentro a fuera y de arriba abajo. La *articulación tibioperonea inferior* es una anfiartrosis, cuyas superficies articulares permanecen unidas, además de por los dos ligamentos mencionados, por un tercero, interóseo, que se sitúa por encima de aquellas superficies.

En la fig. 216 puede verse también el *lig. lateral externo* de la articulación tibiotarsiana (o tibioperoneoastragalina), que, en realidad, está constituido por otros tres, que son:

1) *Lig. peroneoastragalino anterior* (Pe as a), que por detrás se fija en el borde anterior del maléolo externo y por delante en la cara externa del astrágalo, en las proximidades de su cuello.

2) *Lig. peroneocalcáneo* (Pe cal), que se dirige oblicuamente hacia abajo y hacia atrás desde el borde anterior del maléolo externo hasta la cara externa del calcáneo.

3) *Lig. peroneoastragalino posterior* (Pe as), que va desde la cara interna del maléolo peroneo hasta el tubérculo externo del borde posterior del astrágalo.

En cuanto a las articulaciones del pie, en la figura 216 se han representado las siguientes:

1) *Lig. astragalocalcáneo externo* (As cal), perteneciente a la articulación astragalocalcánea posterior, que situado por delante del lig. peroneocalcáneo, va desde la apófisis externa del astrágalo a la cara externa del calcáneo.

2) *Lig. calcaneocuboideo dorsal* que a modo de cinta fibrosa se extiende desde la cara superior de la apófisis mayor del calcáneo a la dorsal del cuboides. En la fig. 216 aparece inmediatamente a la derecha del tendón del m. peroneo lateral corto (PC).

3) *Lig. bifurcado o lig. en Y* (en la fig. 216 está a la derecha del ligamento anterior), se fija por detrás en la cara superior de la apófisis mayor del calcáneo. Por delante se divide en dos haces o ligamentos, que son: a) *lig. calcaneoescafoideo* o haz interno del lig. bifurcado, que llega hasta la extremidad externa del escafoides, en donde se fija; b) *lig. calcaneocuboideo* o haz externo del lig. bifurcado, que llega hasta la cara dorsal del cuboides.

4) *Lig. astragaloescafoideo dorsal,* que cubre la cara superior de la cabeza del astrágalo, extendido desde el cuello de este hueso hasta el borde dorsal del escafoides.

5) Ligamentos dorsales del tarso anterior, que contribuyen a mantener unidos entre sí a los distintos huesos que lo constituyen, y son los siguientes: a) *ligs. cuneoescafoideos dorsales,* que se extienden desde el borde dorsal del escafoides hasta las cuñas y parecen prolongar hacia adelante al lig. astragalo-

escafoideo dorsal; b) *ligs. intercuneales dorsales,* que se extienden transversalmente entre las cuñas; c) *lig. cuboideoescafoideo dorsal,* y d) *lig. cuneocuboideo dorsal.* Estos dos últimos ligamentos se extienden transversalmente desde la cara dorsal del cuboides al borde dorsal del escafoides y a la cara superior de la tercera cuña.

6) *Ligs. tarsometatarsianos dorsales.* Son haces fibrosos que unen las caras dorsales de las bases de los metatarsianos a las de las cuñas y del cuboides. Clásicamente se describen siete ligamentos, de los cuales uno fija el primer metatarsiano a la primera cuña, tres se disponen en forma de abanico, divergiendo desde la base del segundo metatarsiano a las tres cuñas; y otros tres, se fijan por detrás en la cara dorsal de la cuña tercera y en la del cuboides y desde allí van a las bases de los tres últimos metatarsianos.

7) *Ligs. metatarsianos dorsales* (Li), que se extienden desde la cara dorsal de la base de un metatarsiano a la del vecino.

8) *Ligs. laterales* de las articulaciones metatarsofalángicas.

9) *Ligs. laterales* de las articulaciones interfalángicas.

En la fig. 216 también se ven los tendones de los mm. peroneos laterales largo (PL) y corto (PC), los cuales labran sendos canales en la cara externa del calcáneo.

---

cáneo-escafoideo (L Tr) (fig. 215), el cual se ata a la *apófisis menor del calcáneo* (Ap me), diferente de la *apófisis mayor del calcáneo* (Ap M) (fig. 213), que es la que se articula con el cuboides.

Cuñas, escafoides y apófisis menor del calcáneo con su ligamento triangular, forman la concavidad funcional de la planta, pues los numerosos huesos y articulaciones que transmiten la fuerza mantienen elástica esa concavidad. Este mantenimiento se completa al empujar al escafoides un nuevo hueso, que es la *cabeza del astrágalo* (Ast) (fig. 213), situada detrás del ligamento triangular (L Tr) (fig. 215). Además del ligamento triangular está el llamado *ligamento calcáneo-cuboideo-metatarsiano,* que se extiende desde el trígono calcáneo de apoyo y va a distribuirse (CCu) por el cuboides y cuñas plantarmente, llegando a la base de los metatarsianos (C Met), a veces, incluso al primero. Además, tenemos otro ligamento que, tirando de los ligamentos interóseos que ofrece plantarmente la articulación, entre la tercera cuña y el cuboides, se extiende hacia atrás, entre el escafoides y el cuboides, y llega dorsalmente hasta la interlínea del astrágalo y calcáneo para constituir el llamado *ligamento centrotarsiano.* De esta suerte, notemos que hay interlíneas articulares en el pie, unas de disposición sagital y otras dispuestas transversalmente, siendo las sagitales las que poseen ligamentos interóseos, de las cuales el centrotarsiano es el más resistente y eficiente para integrar el bloque del pie y su concavidad, en compañía del ligamento triangular y del calcáneo metatarsiano, ya reseñados.

El apoyo que hemos venido considerando a base de talón, margen externo y punta del pie, ofrece una prolongación hacia adelante mediante los dedos que debemos de precisar. Los dedos no apoyan habitualmente en el suelo, pues sus tres falanges, si bien están en flexión general, su apoyo en los metatarsianos se retrae en garra. Todos los dedos ofrecen tres falanges, primera, segunda y tercera (fig. 213): falange proximal (Fp), falange media (Fm) y falange distal (Fd), salvo el primer dedo o dedo gordo, que sólo posee falange proximal y distal. Lo mismo que al pie ocurre a los dedos de la mano, pero en el pie son mucho más cortos. La primera falange muestra una impresión glenoidea para la cabeza del metatarsiano, que es un cóndilo; por delante ofrece una tróclea. La segunda falange ofrece por detrás impresión para tróclea, y por delante una nueva tróclea. La tercera falange ofrece por detrás solamente impresión de tróclea. De aquí que estas articulaciones de las falanges proporcionen movimientos de flexión y de extensión por ser trocleares; en cambio, la metatarsofalángica es una articulación condílea, por lo tanto parecida a la enartrosis esferoidal, aunque de menos capacidad. La articulación metatarsofalángica del primer dedo también es condílea, pero notemos en su base dos huesos sesamoideos bajo la articulación, incluidos en su cápsula articular, destinados para el mejor apoyo de la punta del pie (figs. *213* y *215*).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ÓRGANIZACIÓN EN LA ESTÁTICA Y MARCHA = EXTREMIDAD INFERIOR. *Pie = apoyo. Tobillo y pierna = equilibrio. Muslo = aplomo. Rodilla, cadera.* ESQUELETO DE LA PLANTA DEL PIE. Apoyos óseos. Talón = calcáneo. Astrágalo, cuboides, escafoides, tres cuñas. *Tarso. Metatarso. Falanges.* Articulaciones del puente plantar. *Ligamentos plantares del puente:* Calcáneo-escafoideo; calcáneo-cuboideo; calcáneo-metatarsiano. Articulaciones de las falanges.

CAPÍTULO 33

ESQUELETO DEL TOBILLO PARA EL EQUILIBRIO. ARTICULACIONES DEL TOBILLO Y DORSO DEL PIE

ESQUELETO DEL TOBILLO Y DEL DORSO DEL PIE

El tobillo forma una articulación que facilita al individuo su estática, pues sus pequeños movimientos oscilatorios se traducen en grandes oscilaciones del cuerpo para recuperar el equilibrio perdido. El tobillo necesita, pues, como referencia, los apoyos del pie, ya que estos apoyos han de confluir allí.

Los apoyos del pie, desde su parte dorsal, denuncian su continuidad desde el tobillo. Tenemos el *calcáneo* (Cal) (fig. 214), que forma el talón y el *cuboides* (Cu), con su cresta de apoyo, así como el *cuarto y quinto metatarsiano* (mV y mIV), formando todos una línea continua y elástica de apoyo en el margen externo del pie, merced a las articulaciones intermedias que poseen. El apoyo del talón y el apoyo del margen externo del pie reciben el peso del astrágalo (Ast), pues se encuentra articulado encima del calcáneo. El otro apoyo del pie, correspondiente a la *cabeza del primer metatarsiano* (mI), sabemos que hacia adentro se une a las bases de los restantes metatarsianos (mII y mIII), siguiendo de la misma manera la unión con el *cuarto metatarsiano* (mIV), uniones todas por discos o *ligamentos interóseos*, obligando a que se forme un bloque continuo de metatarsianos por sus bases. Los tres primeros metatarsianos sabemos que se unen hacia atrás con el bloque de las cuñas (Ic, IIc, IIIc) y, a su vez, éstas lo hacen con el *escafoides* (Es), que está inmediatamente detrás. El escafoides es empujado por la cabeza del astrágalo (Cab), obligando a que se separe hacia adelante, cosa que puede hacer por su parte dorsal, pero no por su parte plantar, pues el escafoides está aquí fijo por el *ligamento triangular* (L Tr) (fig. 215) a la apófisis menor del calcáneo (Apm). De esta suerte, el astrágalo forma bloque de continuidad con el escafoides mediante una articulación de tipo condíleo. Este bloque se hace extensivo a las cuñas y a los tres metatarsianos, sobre todo al primero, cuya cabeza apoya en el suelo. El astrágalo, pues (Ast) (figura 214), ofrece la situación más culminante y desde allí se transmite la fuerza hacia los tres puntos de apoyo que indicamos (figs. 217 y 218).

El *astrágalo* (Ast) (fig. 214) se dispone en forma de polea orientada de delante atrás, ofreciendo una garganta y dos vertientes un tanto borradas. Sobre esta polea se carga el peso del cuerpo, transmitido por la *tibia* (Tib) (fig. 216). Además, lateral y medialmente queda el astrágalo amortajado, merced a dos topes o pinzas por cada lado, que reciben el nombre de *maléolos;* el *maléolo interno* (Mal I) es tibial, formando cuerpo con el hueso; el *maléolo* externo (Mal E) pertenece a un hueso independiente, el *peroné* (Per), que está unido a la tibia (Tib) mediante una *membrana interósea* (M Int) que des-

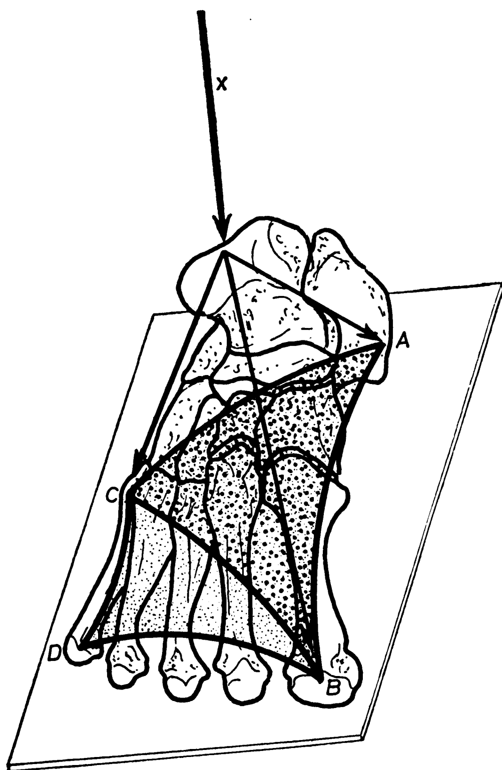


FIG. 217. — Representación estereoscópica esquemática de la transmisión de fuerzas (X) a sus tres apoyos plantares: talón (A), base del dedo gordo (B) y quinto metatarsiano (C y D).

pués, hacia arriba, a nivel de la pierna, se continúa muy ampliamente. Notemos que la articulación de la tibia y peroné tiene una interlínea sagital y, por lo tanto, siguiendo las razones aducidas en la lección precedente, le corresponde *ligamento interóseo,* como a todas las interlíneas sagitales de la región del pie, la interlínea del tobillo queda, pues, demarcada entre el astrágalo por una parte, mientras que por otra está la tibia y el peroné. Sus movimientos fundamentales son de delante atrás y, por lo tanto, de flexión y de extensión, permitiendo así al cuerpo un balanceo en este sentido. Existe también un cierto movimiento de lateralidad, apreciado en el tobillo y demostrado en que el talón del pie puede ser desviado hacia adentro. Todo esto obliga a que la articulación del tobillo esté libre por las zonas de máximo movimiento y, en cambio, quede fijada por las zonas de menos movimiento. La zona de menor movimiento corresponde a la parte interna; de aquí la existencia de un poderoso *ligamento lateral interno* o *deltoideo* (Delt) (figs. 215 y 219) que, extendido desde el maléolo, se expansiona hacia el ligamento triangular (Ltr), escafoides (Es) y calcáneo (Cal),

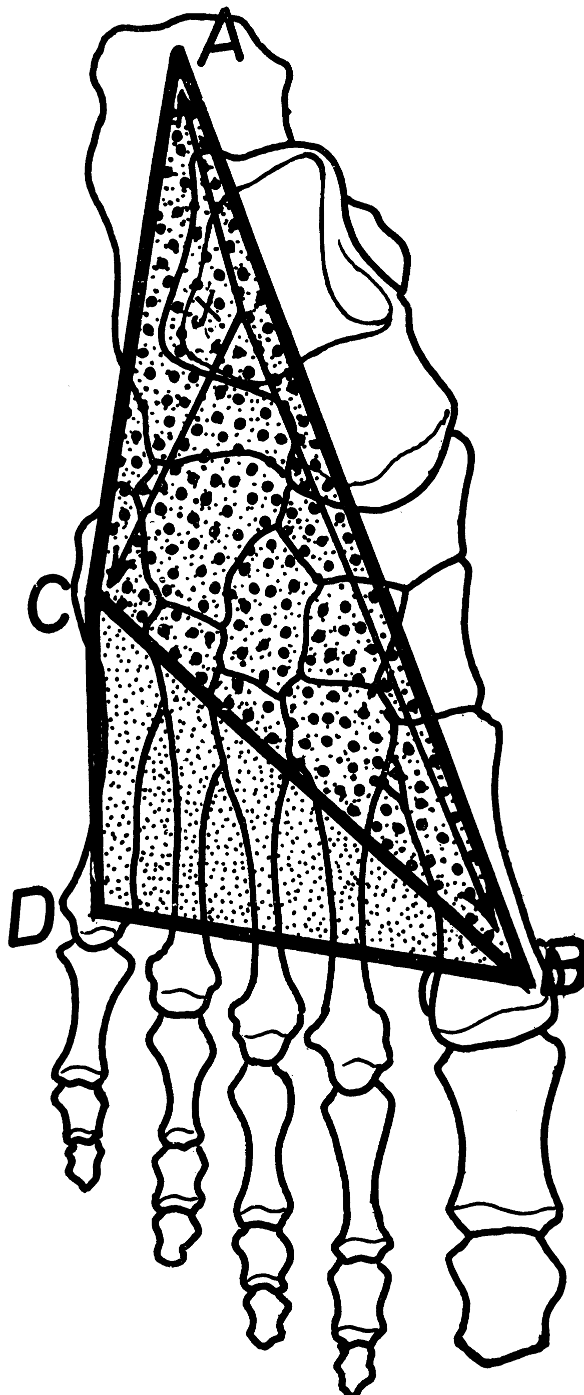


FIG. 218. — Proyección esquemática sobre el plano de apoyo de la misma representación de la figura precedente.

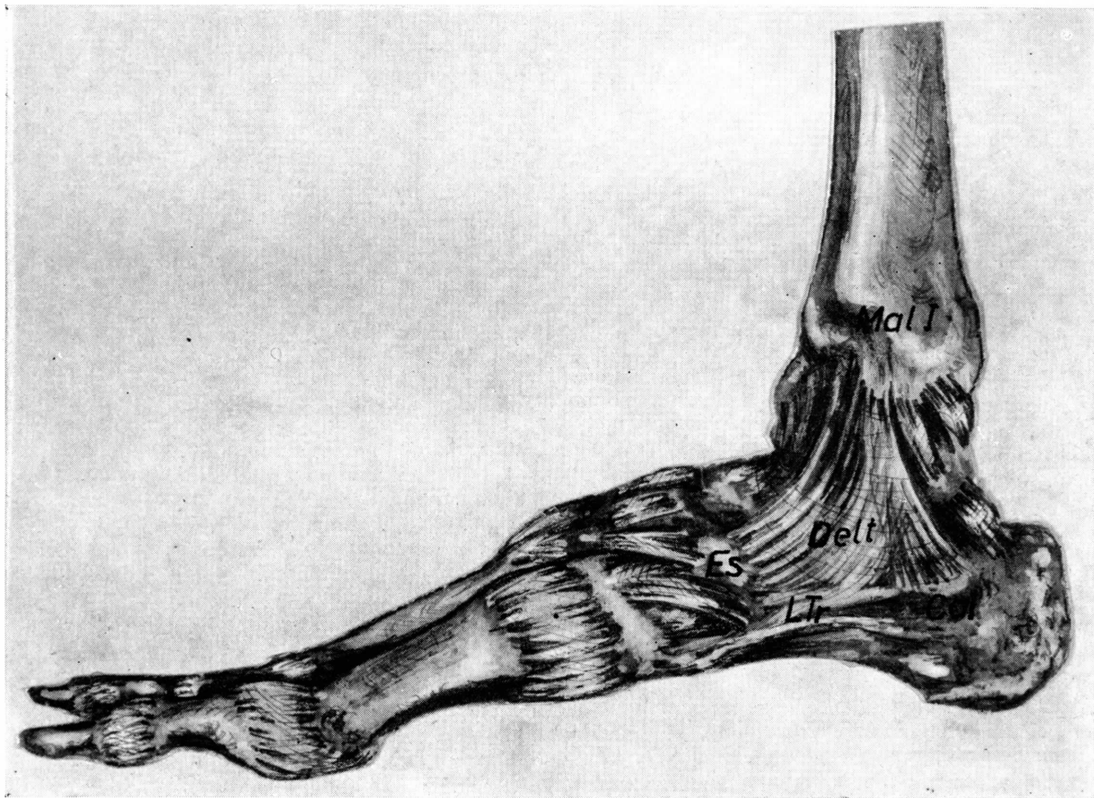


FIG. 219. — Panorama interno del esqueleto del pie y tobillo.

todo lo cual hace que la articulación, en su parte lateral interna, tenga bastante solidez ligamentosa. Por la parte lateral externa, en cambio, si bien necesita ligamentos de contención, requiere también movilidad aquí; por eso, existen tres flojos y largos ligamentos: el ligamento *peroneo astragalino anterior* (Pe as a), el *peroneo astragalino posterior* (Pe as p) y el *peroneo calcáneo* (Pe cal) (figura 216).

Analizando de esta suerte el movimiento lateral del tobillo, que permite al calcáneo dirigirse hacia adentro, podemos descomponer el proceso en tres fases:

La primera fase, que inclina el calcáneo hacia adentro, corresponde a la *articulación astrágalo-calcánea,* cuya interlínea articular ligeramente convexa hacia arriba, permite una ligera rotación del calcáneo, que lleva consigo su desplazamiento. A este propósito, la articulación astrágalo-calcánea está bañada por la misma sinovial que la articulación tibio-peroneo-astragalina, con la que se comunica ampliamente.

La segunda fase, que inclina el calcáneo hacia adentro más intensamente, corresponde a la interlínea del tobillo propiamente dicha, o sea, a la *tibio-peroneo-astragalina,* pues esta interlínea se abre por fuera al ceder los flojos ligamentos laterales externos. Al quedar separada la interlínea por su parte externa, se precipitan en su interior vegetaciones de la sinovial de esta zona, vegetaciones que antes de separarse la interlínea se encontraban apelotonadas en la parte externa sin entrar. De esta suerte, la interlínea, aunque se separe, siempre quedará ocupada por un contenido.

La tercera fase, que inclina el calcáneo hacia dentro, lo hace tan intensamente que determina la rotura del ligamento lateral externo y, por lo tanto, conduce a un estado

patológico de la articulación del tobillo que clínicamente conocemos como «esguince». A este esguince conduce pues una torcedura del calcáneo, sobre todo si entonces se carga el peso del cuerpo.

Todos los movimientos asignados al tobillo consiguen pues facilitar el equilibrio del pie, mediante oscilaciones del cuerpo en diversas direcciones. Además, sobre el tobillo se carga el peso transmitido por la tibia, con lo cual éste pasa al astrágalo y de aquí se distribuye por los tres apoyos del pie en forma apropiada para que el puente mantenga su elasticidad (figs. 217 y 218).

El peroné no tiene más significado aquí que el de pinza limitante de los movimientos de la articulación del tobillo en su parte lateral externa. Para dar margen a la amplitud de la pinza del tobillo, el peroné se muestra como un hueso largo, pero los accidentes de su cuerpo no tienen significado para nosotros en este momento, sino cuando podamos estudiar la atadura en él de los numerosos músculos de la pierna.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Esqueleto del tobillo. Esqueleto del dorso del pie. Articulaciones ***del tobillo.*** Mortaja maleolar. Ligamentos laterales. Ligamentos dorsales y ligamentos interóseos del pie. *Transmisión de líneas de fuerza para el apoyo.*

CAPÍTULO 34

ESQUELETO DE LA RODILLA PARA LA ESTÁTICA Y MARCHA. ARTICULACIÓN DE LA RODILLA

ESQUELETO DE LA RODILLA

La articulación existente en esta zona facilita movimientos de extensión y flexión a la extremidad, permitiendo así la marcha en las condiciones apropiadas de apoyo y de equilibrio.

La interlínea de la articulación aparenta en general un aspecto de encaje recíproco, vista de frente, bien por delante (fig. 208) o bien por detrás (fig. 210). Sin embargo, la superficie superior correspondiente al FÉMUR forma curvas suaves, destacando dos masas articulares de aspecto condíleo que dejan entre sí un suave entrante; por lo tanto, hay que distinguir dos cóndilos: el *cóndilo externo* (Co E) y el *cóndilo interno* (Co I), así como un *espacio intercondíleo* (ICo) (fig. 220). La superficie articular inferior correspondiente a la TIBIA constituye en consecuencia, dos suaves *cavidades glenoideas* separadas entre sí por la llamada *espina tibial* (Es T). Cóndilos y cavidades glenoideas, en posición de enderezamiento, vistos lateralmente, ofrecen una interlínea de curvatura muy escasa (figura 225), pues el radio de esta curvatura es de cerca de diez centímetros; en cambio, el cóndilo hacia atrás acentúa su curvatura hasta el punto de que su radio tiene poco más de un centímetro, correspondiendo su centrro al llamado *tubérculo lateral* del cóndilo, existiendo, por lo tanto, un tubérculo lateral interno para

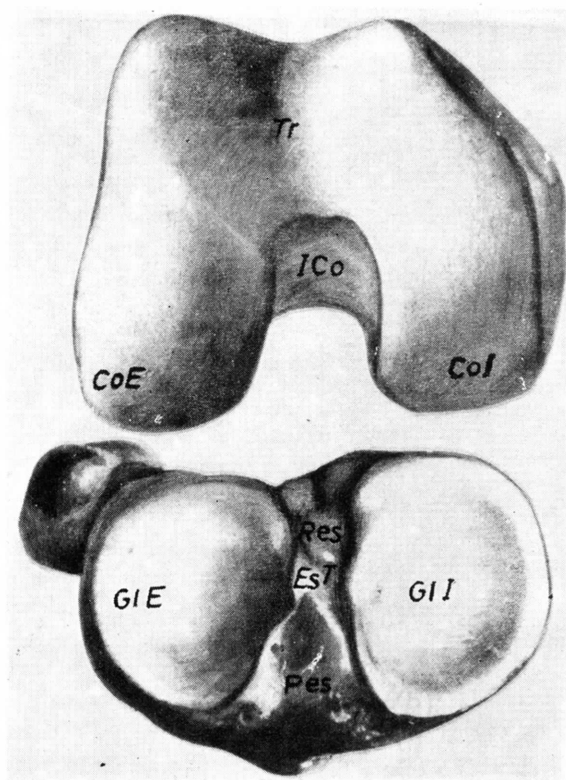


FIG. 220. — Superficies articulares óseas de la rodilla.

LEYENDA DE LA FIG. 220

En la parte alta de la figura se presenta la extremidad inferior del fémur, vista desde abajo, y la meseta tibial, vista desde arriba.

En la EXTREMIDAD INFERIOR DEL FÉMUR puede verse la *tróclea femoral* (Tr), que ocupa la parte anterior de dicha extremidad, y los *cóndilos femorales* (CoE

y CoI), los cuales están separados por detrás por una profunda depresión, llamada *escotadura intercondílea* (ICo). La tróclea femoral está constituida por dos vertientes separadas por una garganta; obsérvese que la vertiente externa es más ancha y más saliente que la interna. Los cóndilos femorales son dos: uno lateral o externo (CoE), y otro medial o interno (CoI); este último está muy desviado hacia adentro con respecto al eje del fémur, y es más estrecho que el externo. Las superficies articulares de los cóndilos se extienden por sus caras inferiores y posteriores.

En la MESETA TIBIAL pueden distinguirse dos *cavidades glenoideas,* una externa (GlE) y otra interna (GlI), que están separadas entre sí por la *superficie interglenoidea.* Esta última presenta hacia su parte media la *espina de la tibia,* eminencia bituberculada constituida por un *tubérculo interglenoideo lateral* y un *tubérculo interglenoideo medial,* los cuales prolongan y elevan las correspondientes cavidades glenoideas hacia la parte media de la meseta tibial. La espina de la tibia divide a la superficie interglenoidea en una *superficie anterior o preespinal* (Pes) y otra *posterior o retroespinal* (Res). Obsérvese que la cavidad glenoidea interna es más larga y más estrecha que la externa.

La tróclea femoral, las superficies articulares de los cóndilos y las cavidades glenoideas están revestidas de un grueso cartílago. Precisamente a nivel de la articulación de la rodilla el cartílago articular es muy grueso, hasta el extremo de que en las cavidades glenoideas alcanza el máximo espesor de todas las articulaciones. El cartílago de revestimiento, muy grueso —como ya se ha dicho— hacia el centro de las cavidades glenoideas, contribuye a disminuir la concavidad de las mismas.

El revestimiento cartilaginoso de la extremidad inferior del fémur permite distinguir, más que en el hueso seco, el límite entre la tróclea y las superficies articulares de los cóndilos, límite que se conoce con el nombre de *ranuras condilotrocleares* (en la fig. 220 se distingue bien la ranura condilotroclear derecha).

---

el cóndilo interno y otro externo para el cóndilo externo; precisamente, desde cada tubérculo va un *ligamento lateral externo* (LE) y *lateral interno* (LI) (figs. 222, 223 y 224), que fijan la articulación y permiten girar los cóndilos, tomando esos tubérculos como centros. Por lo que se refiere a las cavidades glenoideas, notemos que éstas se encuentran prolongadas hacia atrás merced a las *tuberosidades posteriores de la tibia,* habiendo una para cada lado; por delante, en cambio, la tibia falla, constituyéndose la *superficie pretibial* (fig. 225) en forma de hundimiento. De esta suerte la transmisión de fuerzas desde el fémur a la tibia puede continuar siempre a lo largo del eje de los huesos.

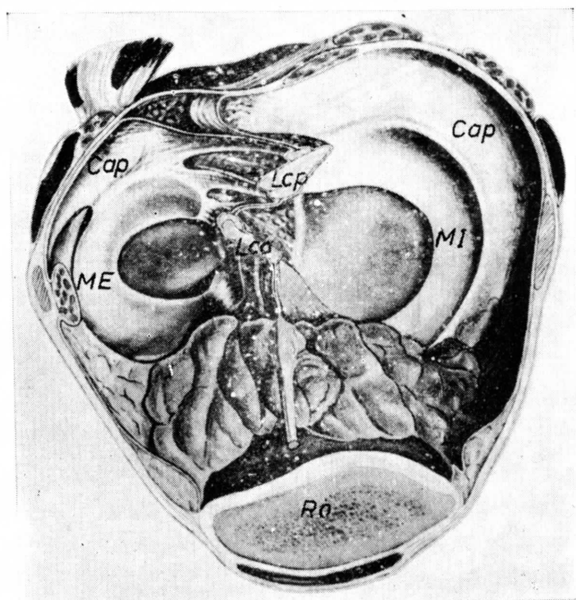


FIG. 221. — Superficies articulares sinoviales de la meseta tibial, con los meniscos y cápsula.

LEYENDA DE LA FIG. 221

Esta figura nos ofrece varios elementos de la articulación de la rodilla. La RÓTULA (Ro) aparece seccionada en la parte baja de la figura. En su cara posterior existe una superficie articular en forma de doble vertiente con una arista vertical, que se contrapone a la tróclea femoral. La superficie articular, revestida de cartílago, ocupa los tres cuartos superiores de la cara posterior de la rótula; su cuarto inferior no es articular.

El CUERPO ADIPOSO SUBROTULIANO (en la fig. 221 se encuentra por encima de la rótula) es un gran paquete de grasa, que se sitúa por detrás del tendón rotuliano y del cuarto inferior —no articular— de la cara posterior de la rótula, y por encima de la superficie preespinal de la meseta tibial; envía unas prolongaciones laterales que se dirigen hacia arriba por los bordes laterales de la rótula y que se denominan *pliegues alares.* Obsérvese una especie de cordón que emerge de la parte media del cuerpo adiposo subrotuliano; es el llamado *lig. adiposo,* que en la figura está seccionado y reclinado hacia abajo, y que en realidad se extiende desde la parte media del cuerpo adiposo hasta el extremo anterior de la escotadura intercondílea.

También aparecen los LIGS. CRUZADOS ANTERIOR

(Lca) y POSTERIOR (Lcp), que están mejor representados en la fig. 222, y serán descritos en su leyenda.

Se distinguen perfectamente los MENISCOS FEMORALES, que son elementos intraarticulares fibrocartilaginosos en forma de semiluna, que contribuyen a hacer concordantes las superficies articulares del fémur y de la tibia. En la figura puede verse la cara superior, que mira a los cóndilos femorales; el borde externo, que se adhiere a la cápsula articular; el borde interno, cortante y cóncavo; y las extremidades o astas de las que parten manojos de fibras por medio de los cuales los meniscos se fijan a la superficie interglenoidea. En cambio, no se ve la cara inferior de los meniscos, que es la que mira a una franja periférica de las cavidades glenoideas.

Los haces fibrosos de las astas del *menisco externo* (ME) se insertan en la espina de la tibia en puntos muy próximos entre sí. En realidad, los haces anteriores se fijan en la superficie preespinal, pero en una zona de la misma que está inmediatamente por delante del tubérculo interglenoideo lateral; los haces posteriores se insertan en la hendidura que separa los dos tubérculos de la espina. El menisco externo, que de por sí tiene ya una forma de semiluna muy cerrada, se convierte en una «O» merced a sus inserciones. La proximidad de éstas hace que el menisco prácticamente quede fijo en un punto y libre en el resto, y le dota de una gran facilidad de desplazamiento, lo que conviene a la extrema motilidad del cóndilo femoral externo.

El *menisco interno* (MI) tiene forma de «C» abierta. Los haces fibrosos que salen de su asta anterior se fijan en la parte anterointerna de la superficie preespinal; los haces posteriores se insertan por detrás de la espina tibial. Sus dos puntos de inserción están muy separados entre sí, lo que hace que este menisco sea mucho menos desplazable que el externo.

En la figura, el lig. cruzado posterior (Lcp) aparece acompañado de dos cintas fibrosas, una situada por delante y otra por detrás. Son los *ligs. meniscofemorales anterior y posterior*, que se desprenden del asta posterior del menisco externo, acompañan al lig. cruzado posterior y siguen su mismo recorrido para insertarse con él en la cara externa del cóndilo femoral interno.

La CÁPSULA ARTICULAR (Cap) es un manguito fibroso, que se extiende desde la extremidad inferior del fémur a la superior de la tibia. Sus inserciones están próximas a las superficies articulares excepto en algunos sitios, tales como en la parte superior y anterior (en donde la cápsula se fija en el hueco supratroclear), en las partes laterales y medias de los cóndilos femorales, en las partes laterales de las cavidades glenoideas (en donde la línea de inserción capsular desciende unos cinco milímetros y recorre las caras laterales de las tuberosidades externa e interna de la extremidad superior de la tibia) y a la altura de la articulación tibioperonea superior, a cuyo nivel la cápsula de la articulación de la rodilla alcanza a la de dicha articulación. En su parte anterior, la cápsula se fija alrededor del cartílago de revestimiento de la rótula, o expresado en otros términos: la parte anterior de la cápsula articular de la rodilla presenta un orificio que está obturado por la rótula.

La SINOVIAL de la articulación de la rodilla forra la cara interna de la cápsula; se refleja a la altura de las inserciones capsulares para continuar tapizando el periostio de los huesos, con lo que se forman fondos de saco perifemorales y peritibiales. La sinovial se interrumpe a nivel de los cartílagos articulares y del borde externo de los meniscos, por lo cual, en las partes laterales de la articulación existen en realidad dos segmentos de sinovial, separados entre sí, uno femoromeniscal y otro meniscotibial.

Los fondos de saco sinoviales son tanto más profundos cuanto más distante de las superficies articulares se encuentre la línea de inserción capsular. Por ello, el más extenso de todos los fondos de saco es el perifemoral anterior, ya que a ese nivel la inserción capsular en el hueco supratroclear está muy alejada de la superficie articular, y además ahí la sinovial comunica con una bolsa serosa situada por detrás del músculo cuadríceps, por lo que el fondo de saco se prolonga aún más hacia arriba, muy por encima de la inserción de la cápsula. A este fondo de saco de la sinovial se le conoce con el nombre de *fondo de saco subcuadricipital* (véase la fig. 225).

También son extensos los fondos de saco sinoviales que se sitúan hacia la parte media de las caras laterales de los cóndilos femorales y de las tuberosidades laterales de la tibia, los primeros dirigidos hacia arriba y los segundos hacia abajo. La sinovial de la rodilla desciende mucho a la altura de la articulación tibioperonea superior hasta el extremo de que es frecuente que exista una comunicación entre ambas articulaciones. La parte posterior de la sinovial envía un pliegue que se dirige hacia adelante y que tapiza los ligs. cruzados.

En la FLEXIÓN notemos los *cóndilos* (CoE y CoI) (fig. 220) apoyados por su parte más convexa sobre la cavidad glenoidea. En consecuencia, la interlínea queda muy separada por delante y por detrás, necesitando un complemento que la rellena a base de *meniscos*.

Los meniscos rodean cada cavidad glenoi-

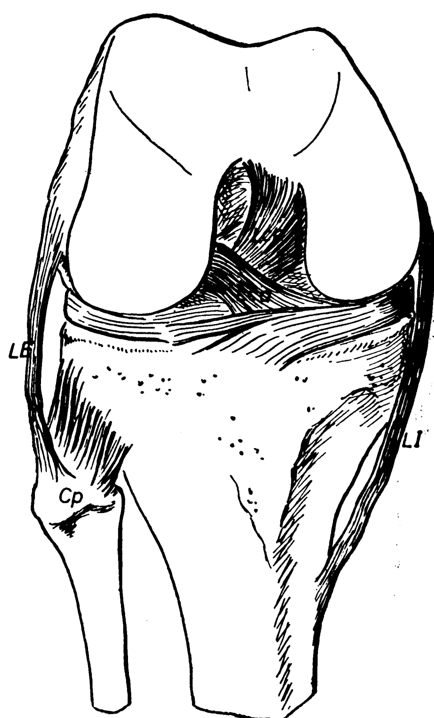


FIG. 222

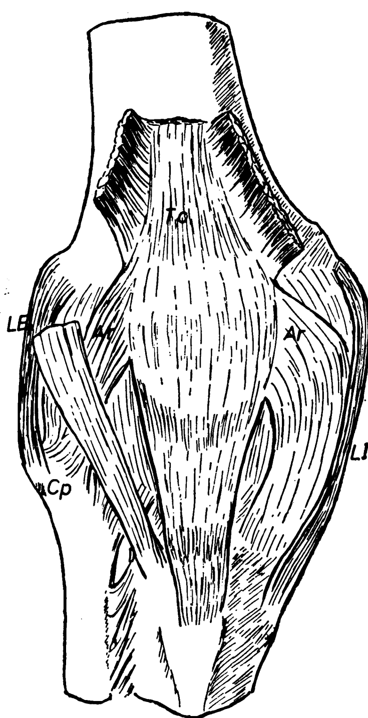


FIG. 223

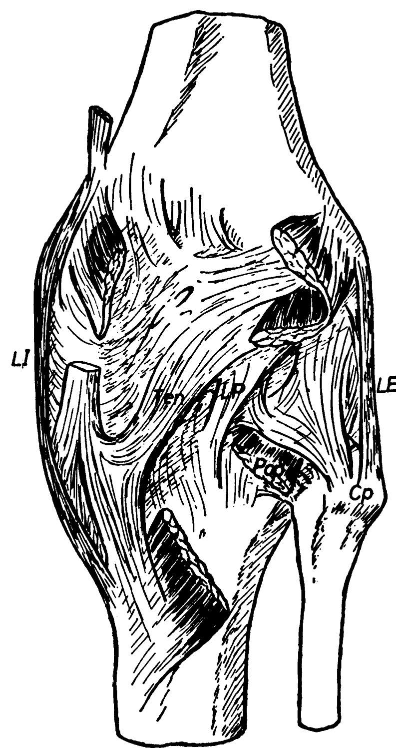


FIG. 224

FIG. 222.—Visión anterior esquemática de la articulación de la rodilla abierta y flexionada.
FIG. 223.—Visión anterior esquemática de la articulación de la rodilla enderezada.
FIG. 224—Visión posterior esquemática de la articulación de la rodilla enderezada.

dea por su margen (fig. 221) como verdaderos rodetes elásticos y con pocas inserciones, para tener libertad y poderse deformar según lo exija la posición del cóndilo, determinando así interlíneas articulares diferentes. A este propósito debe de apuntarse que el cóndilo interno es el más fijo, pues recibe más directamente el peso del cuerpo; el cóndilo externo, en cambio, es más movible, pues recibe el peso menos directamente. Por este motivo, los ligamentos laterales de la articulación que indicábamos en un principio se disponen en un ligamento lateral interno muy amplio y ceñido a la parte articular, y un ligamento lateral externo, bastante suelto y flojo, para lo cual su inserción inferior se hace distante y, por lo tanto, en el *peroné,* mostrando para ello la llamada *faceta preestiloidea,* por estar delante de la *apófisis estiloidea* (figs. 222, 223 y 224). Conocido, por lo tanto, que el cóndilo externo es más movible, ello determinará a que el menisco que rodea la cavidad glenoidea externa tenga un máximo de movilidad, lo que se consigue haciendo que el menisco se inserte solamente por un punto, por lo tanto, en la espina tibial, y adopte una forma de «O» capaz de movilizarse y deformarse mucho. El menisco de la cavidad glenoidea interna, en cambio, tiene inserciones más firmes, haciéndolo, no en la espina, sino en la superficie *preespinal* y en la *retroespinal* por cada uno de sus extremos, lo que hace que adopte forma de «C» (fig. 180). En estas condiciones, tal menisco puede deformarse, pero mucho más el externo, realizándolo de la siguiente manera: en la extensión notemos que la interlínea está muy prolongada de delante atrás, lo que determina a que los meniscos se separen de delante atrás (dirección de las flechas) (fig. 225). En la flexión, en cambio, los cóndilos prolongan la interlínea muy la-

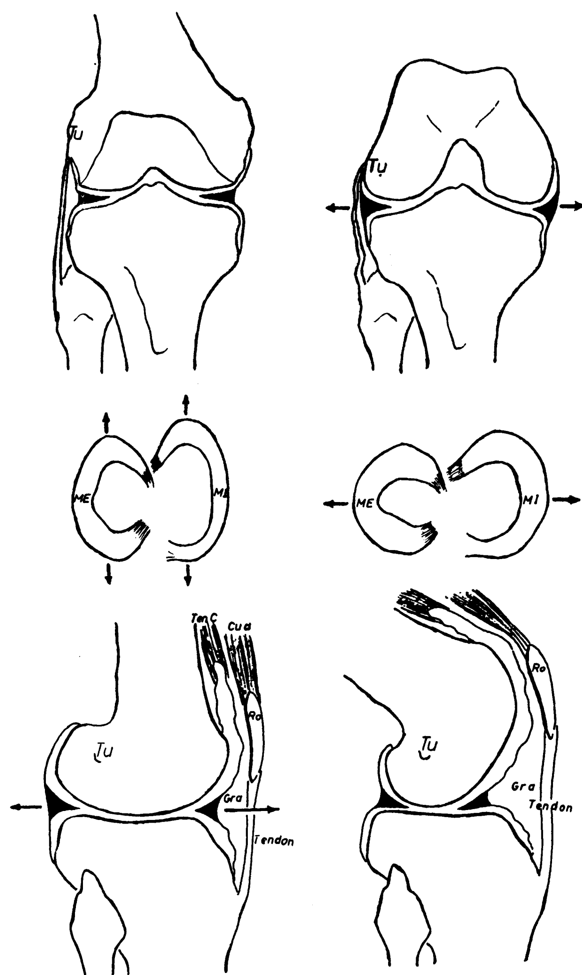


Fig. 225. — Aspecto esquemático de la interlínea de la articulación de la rodilla, de frente, lateralmente, en extensión y en flexión, para referir la capacidad de adaptación de los meniscos. Menisco externo (ME). Menisco interno (MI). Tubérculo ligamentoso (Tu), al que se refiere el giro condíleo. Bola grasienta de la rodilla (Gra). Rótula (Ro). Músculo cuadríceps (Cua). Músculo tensor sinovial derivado del cuadríceps (Ten C).

teralmente, luego los meniscos se deforman separándose lateralmente (dirección de las flechas), mientras que se estrecharán en la dirección contraria.

La articulación está revestida interiormente por una *sinovial* que se adapta a las superficies articulares que corresponden a los cóndilos del fémur y a la glenoides de la tibia, reflejándose después para formar fondos de saco. Tenemos por delante un fondo de saco anterosuperior (fig. 225), que después sigue con la sinovial que va a tapizar el menisco, para continuarse con un fondo de saco anteroinferior. Tenemos igualmente, por detrás, un fondo de saco posterosuperior y otro posteroinferior, continuados entre sí por la sinovial que tapiza el menisco por la parte posterior. Notemos que las sinoviales, tanto por atrás como por delante, lo mismo que lateralmente, deben de estar protegidas por una *cápsula fibrosa exterior*, cápsula que debe arrugarse en la parte de flexión o de extensión, según el movimiento de la articulación que se produzca. Por detrás la cápsula ofrece el llamado *ligamento interóseo*, que desde la espina tibial va al espacio intercondíleo. Este ligamento, aunque se ve integrando el plano posterior de la articulación, destaca también en el interior de la misma. Por esta situación intraarticular, el ligamento interóseo es un verdadero eje de sostén de la articulación y además facilita todo movimiento. El ligamento interóseo consta de dos fascículos cruzados: el *ligamento cruzado anterior* (LCa) y el *ligamento cruzado posterior* (LCp) (figs. 221 y 222). La cápsula de la articulación, por detrás cuando se arruga, es tensada por el llamado *músculo tensor de la parte posterior de la sinovial* (Ten) (fig. 224) y también por el músculo poplíteo (Pop), que desde la tibia se inserta en el cóndilo externo y, por este motivo, limita la extraordinaria movilidad de este cóndilo cuando es necesario. La cápsula articular, por delante, se arruga durante la extensión, siendo tensada por el músculo tensor de la sinovial de esta zona, que son fibras desprendidas del *músculo cuadríceps* (fig. 225) (Ten Cua). La mayor parte del cuadríceps termina en la superficie pretibial donde se encuentra la llamada *tuberosidad anterior de la tibia.* En el trayecto de este músculo está la *rótula* (Ro) y el *tendón rotuliano.* Detrás del tendón rotuliano se encuentra un relleno grasiento (Gra) ante los meniscos.

Considerando la articulación de la rodilla en estado de ENDEREZAMIENTO, notemos que los cóndilos y la glenoides se coaptan en gran extensión, siendo este encajamiento de gran efectividad, no sólo por el peso del cuerpo transmitido, sino también porque en esta

postura están tensos al máximo los ligamentos laterales, externo e interno de la rodilla y el ligamento interóseo.

Considerando la articulación de la rodilla durante LA MARCHA y, por lo tanto, en flexión, debemos notar que los meniscos han tenido que acercarse por delante y por detrás para rellenar el gran espacio de interlínea articular separada; además, los ligamentos laterales y el ligamento interóseo se encuentran flojos durante la flexión, lo cual permite la movilidad lateral de los cóndilos, sobre todo del externo.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ESQUELETO DE LA RODILLA. ESQUELETO DE LA PIERNA. *Huesos. Tibia, peroné y fémur. Articulación de la rodilla:* Cóndilos, glenoides. Espacio intercondíleo. Estiloides peroneal. Espina tibial. Espacio pre y retroespinal. Tubérculo lateral de la tibia. Ligamentos cruzados. Ligamento lateral externo e interno. Ligamentos de contención posterior. Meniscos. Ligamento rotuliano. Rótula. Cápsula articular. Sinovial.

CAPÍTULO 35

ESQUELETO DE LA CADERA Y DEL MUSLO. ARTICULACIÓN SACROCOXAL, DEL PUBIS Y COXOFEMORAL

ESQUELETO DE LA CADERA

En la masa esquelética de la cadera destaca una parte articular que, conectando el retrosoma y la extremidad inferior, establece unidad funcional entre el enderezamiento del retrosoma y los atributos de apoyo, equilibrio y marcha correspondiente a la extremidad inferior.

El hueso fundamental de esta región es el ILIACO o COXAL, cuyo ángulo interno (figuras 226 y 227) se articula fuertemente con las aletas del sacro, recibiendo las líneas de fuerza transmitidas desde la columna vertebral. El hueso coxal, aquí se amplía considerablemente, constituyendo una especie de pala de contención del intestino delgado, que, dentro del vientre, forma un amplio paquete. El paquete y la pala ósea reciben el nombre de *ilion* (Il). El hueso ilion se continúa hacia delante para cerrar el arco visceral constituyendo el *pubis* (Pub) o zona del pudor, donde llegan las líneas de fuerza transmitidas desde el sacro. Notemos que la unión del pubis por la línea media se hace por un disco interóseo y, por lo tanto, como una *anfiartrosis*, lo mismo que es una anfiartrosis la articulación del sacro con el hueso coxal. Existe una tercera parte de hueso coxal, que es el *isquion* (Isq), formando una voluminosa tuberosidad para el apoyo del cuerpo en el asiento. El isquion recibe líneas de fuerza transmitidas desde el ilion

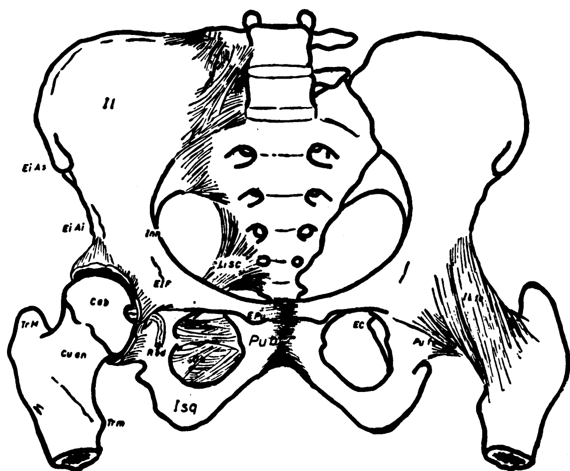


FIG. 226. — Visión anterior esquemática de la pelvis.

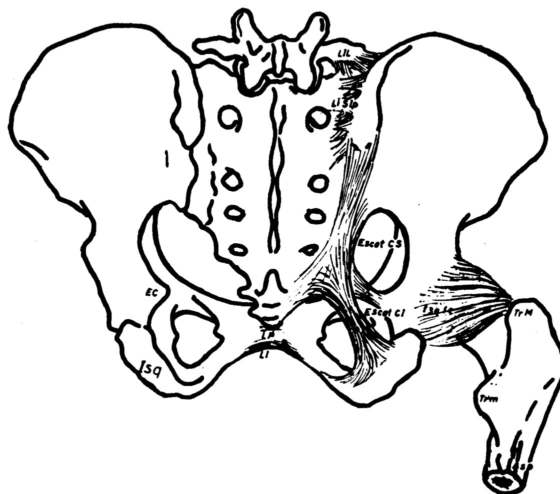


FIG. 227. — Visión posterior esquemática de la pelvis

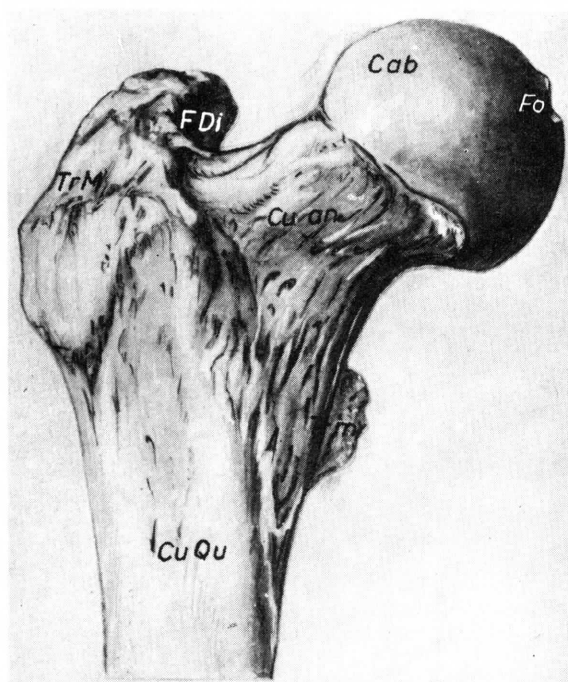


FIG. 228.— Visión anterior esquemática de la epífisis superior del fémur.

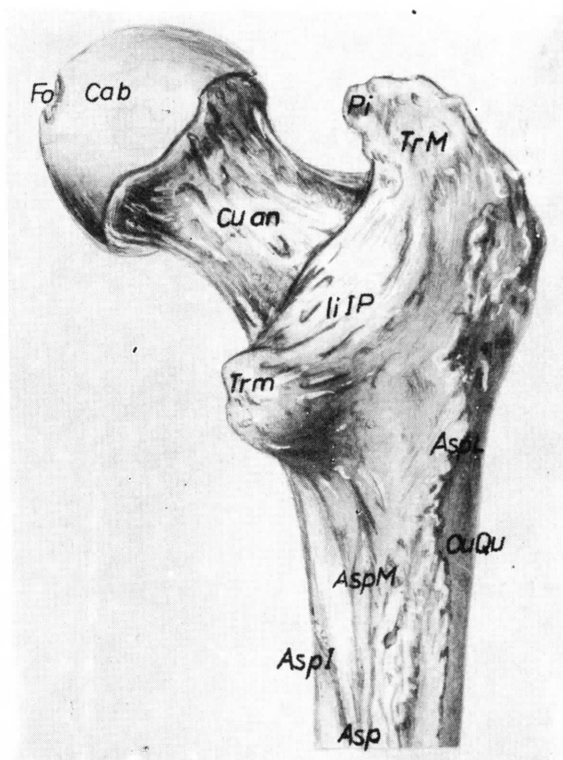


FIG. 229. — Visión posterior esquemática de la epífisis superior del fémur.

mediante la llamada rama *ilioisquiática;* también recibe líneas de fuerza transmitidas del pubis, mediante la rama *isquiopubiana.* Entre ambas ramas no hacen falta líneas de fuerza ni tampoco formación de hueso alguno; por eso queda un fallo traducido en agujero, que es el *agujero isquiopubiano,* también llamado impropiamente obturador (Ob) a causa de una membrana fibrosa que le tapa incompletamente. Notemos que el ilion, continuado con el pubis, destaca dos líneas limitantes: la *línea innominada* (Inn), que limita la llamada «pelvis menor» por dentro; la otra línea corresponde a la ingle, ofreciendo cuatro tubérculos y escotaduras intermedias. De ello, interesa ahora la llamada *espina iliaca anterosuperior* (EIAS), así como la *espina del pubis* (EPu) (figs. 226 y 230).

Ilion, isquion y pubis se reúnen en una encrucijada para el apoyo del miembro, constituyendo la llamada *cavidad cotiloidea* (Cot) (fig. 230). Ésta recibe las fuerzas transmitidas desde el ilion y pubis, lo que obliga a que la *cabeza del fémur* (Cab) (fig. 226), que allí se implanta, ofrezca un cuello *anatómico* (Cu An) que recoja la dirección de esas líneas de fuerza transmitidas y, por lo tanto, se dirijan hacia afuera y hacia abajo. Este cuello anatómico tiene que unirse bastante bruscamente con el cuerpo del fémur, cuya dirección viene desde abajo y desde dentro, ya que procede del verdadero apoyo de la rodilla, correspondiente al cóndilo interno. Este cóndilo está situado verticalmente (línea de puntos E) bajo el isquion, que es la verdadera dirección del peso del cuerpo (fig. 209). La unión entre el cuello anatómico y la diáfisis del fémur se realiza mediante una encrucijada en forma de tuberosidad llamada *gran trocánter* o *trocánter mayor* (Tr M), situado en la parte más alta para recoger líneas de fuerza expansionadas, tanto del cuello anatómico (Cu An) como de la diáfisis del hueso y, por lo tanto, del *cuello quirúrgico* (Cu Qu). Esta expansión de líneas de fuerza a nivel del gran trocánter da más solidez a la transmisión (figs. 228 y 229).

Las uniones de las piezas óseas se resumen en dos articulaciones principales: la *sacrocoxal* y la *coxo femoral.* La del *pubis* o *sínfisis del pubis* no ofrece rasgos especiales, aparte de los propios de una anfiartrosis.

La ARTICULACIÓN SACROCOXAL (figuras 226 y 227) forma una *anfiartrosis,* necesitando un amplio disco interóseo que una las dos superficies articulares del confrontamiento que, por su forma, reciben el nombre de *superficies auriculares.* Completan la unión *ligamentos superiores* o *iliolumbares* (LiIL), que, desde los apéndices costiformes de las dos últimas vértebras lumbares sujetan la *cresta iliaca superior.* Existen también los *ligamentos inferiores* o *sacrociáticos* (LiSC), dispuestos en el llamado *ligamento sacrotuberoso* por venir de la *tuberosidad isquiática,* y en el *ligamento sacroespinoso,* llamado así por venir de la *espina ciática* (E C) (fig. 227). Estos ligamentos limitan dos escotaduras convertidas en agujeros: la *escotadura ciática superior* (Escot CS) y la *escotadura ciática inferior* (Escot CI); por otra parte, los ligamentos mantienen unidos el coxal e isquion, evitando que se separen

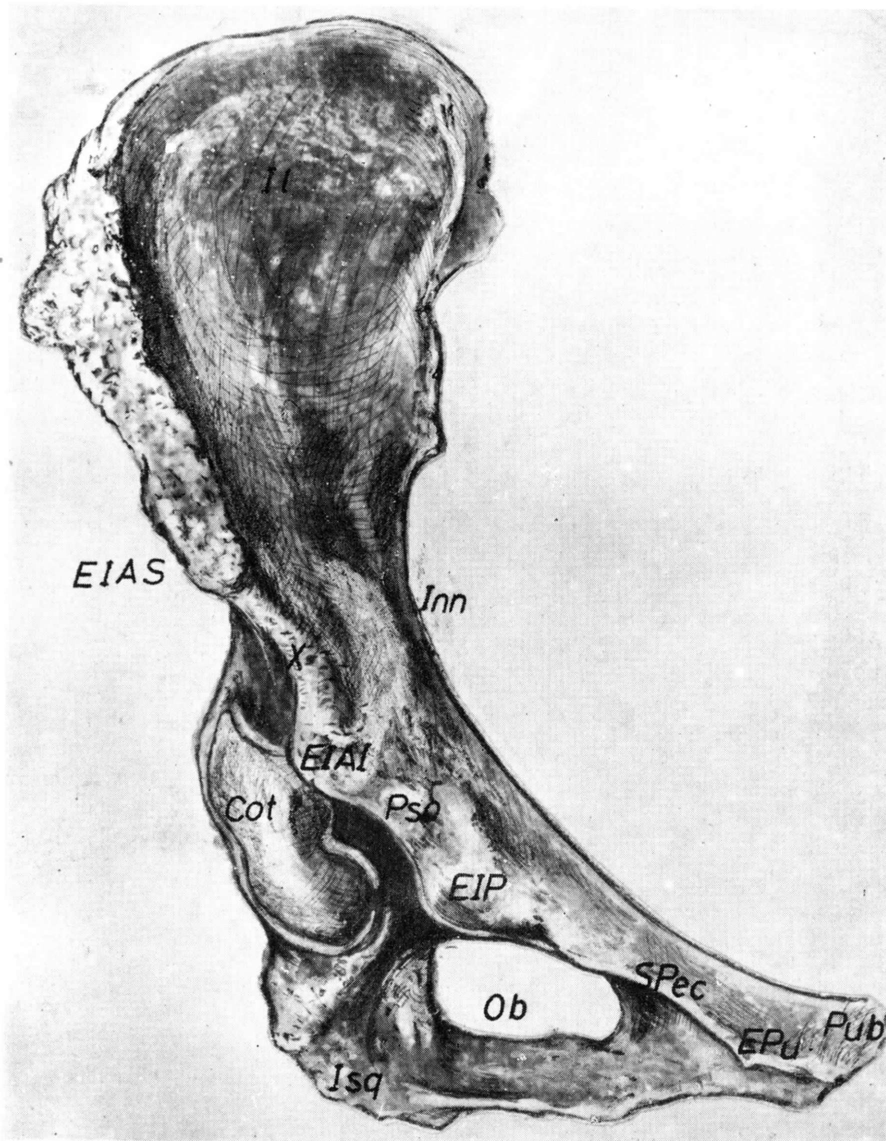


FIG. 230. — Borde anterior del hueso coxal mostrando sus tubérculos y escotaduras.

a causa del peso del cuerpo. Los ligamentos iliolumbares y los sacrocoxales, situados por encima y por debajo, respectivamente, de la articulación sacroiliaca, se van a continuar con los llamados *ligamentos sacroiliacos posteriores* (LSIP), que se encuentran en la ranura que forman estos huesos por detrás de su articulación, constituyendo así un plano ligamentoso de extensión considerable y gran resistencia.

La ARTICULACIÓN COXOFEMORAL es una *enartrosis* y ofrece la *cavidad cotiloidea* (Cot), cuya superficie articular se dispone marginalmente (fig. 230), dejando en el centro una parte no articular o *trasfondo*, donde llegan vasos para nutrir la cabeza del fémur. Los vasos pueden entrar en el trasfondo de la cavidad cotiloidea merced a un escotadura que comunica con el exterior llamada *escotadura isquiopubiana*, constituida por un fallo entre el pubis y el isquion al integrar la cavidad cotiloidea. El manojo vascular indicado recibe impropiamente el nombre de «ligamento redondo» (Red) (fig. 226). Por parte del fémur, la *cabeza* tiene la extensión de dos tercios de esfera, quedando en consecuencia bastante fuera de la cavidad, pues ésta tiene la extensión de media esfera solamente; por eso, la cavidad cotiloidea amplía su «ceja ósea», *rodete cotiloideo*, mediante una «ceja fibrocartilaginosa» que se inserta a todo lo largo de la ceja ósea, abrazando la cabeza del fémur más allá de su parte culminante, con lo cual el desencaje de la cabeza del fémur sólo se podría hacer forzando la resistencia que la abraza de la ceja fibrocartilaginosa. Esta ceja convierte la escotadura isquiopubiana, que existe para el paso vascular, en un agujero de acceso a la cavidad cotiloidea.

Desde la ceja fibrocartilaginosa se dispone una *cápsula* o *manguito fibroso* que abraza el cuello anatómico del fémur cerca de su implantación en los trocánteres. Lo más importante aquí es la dirección de las fibras en la cápsula. Por delante las vemos dirigidas hacia abajo y hacia afuera; por detrás se dirigen hacia arriba y hacia afuera, disponiéndose, por lo tanto, como un torbellino cuya rotación estirando las fibras pone tensa la cápsula y en consecuencia adapta fuertemente la cabeza del fémur a la cavidad cotiloidea, formando un bloque muy apropiado para el enderezamiento del cuerpo. Si, por el contrario, el fémur se flexiona, como ocurre en la marcha, entonces las fibras de la cápsula se aflojan y la interlínea de la articulación coxofemoral queda más libre. Las fibras en torbellino de la cápsula tienen tres refuerzos: el *iliofemoral* (Ilfe), el *pubiofemoral* (Pube) y el *isquiofemoral* (Isqfe) (figs. 226 y 227).

A propósito del enderezamiento para tensar la cápsula de la articulación coxofemoral y dejarla rígida, hemos de considerar una serie de rugosidades en la parte posterior del fémur que permiten la inserción de músculos enderezadores. Tales accidentes corresponden a la llamada *línea áspera* (Asp) (figuras 227 y 228), que inferiormente se bifurca en las llamadas *líneas poplíteas*. La línea áspera, por arriba, se trifurca, yendo la «trifurcación media» al llamado *trocánter menor* y existiendo además una línea de «trifurcación externa» y otra «interna». Más eminencias y rugosidades se encuentran en esta zona para ampliar la inserción a músculos enderezadores; tal es el caso de la llamada *línea intertrocantérea posterior* (LiIp), que une por detrás ambos trocánteres. Todo ello debe tratarse a propósito de los sistemas neuromusculares que enderezan el muslo.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ESQUELETO DEL MUSLO Y CADERA. *Coxal:* Pubis. Ilion. Isquion. Cavidad cotiloidea. Rama isquiopubiana. Agujero obturado o isquiopubiano. Línea innominada. Espina ciática. Escotadura ciática. Espina iliaca anterosuperior. Espina del pubis. *Fémur.* Cabeza del fémur. Cuello anatómico. Trocánteres mayor y menor. Cuello quirúrgico. Línea áspera. *Articulación sacrocoxal.* Ligamentos sacrotuberoso y sacroespinoso. Ligamentos sacroiliacos posteriores. Ligamentos iliolumbares. *Sínfisis del pubis. Articulación coxofemoral.* Ligamento redondo vasculoso. Trasfondo cotiloideo. Rodete cotiloideo. Cápsula coxofemoral.

CAPÍTULO 36

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR. GRUPOS NEUROMUSCULARES DEL APOYO = MÚSCULOS Y NERVIOS DE LA PLANTA DEL PIE

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

Son aquellos que actúan activamente en las funciones encomendadas a cada una de las partes de la extremidad. Tendremos, por lo tanto: grupos neuromusculares que actúan en la función de apoyo plantar; grupos neuromusculares que accionan el tobillo para el equilibrio del pie; grupos neuromusculares que actúan en la cadera y muslo produciendo su enderezamiento para el aplomo de la extremidad, y, por último, grupos neuromusculares que actúan flexionando la extremidad para la marcha.

Sistemas neuromusculares para el apoyo

Todos ellos se encuentran en la planta del pie. Lo primero a reseñar está ceñido al plano esquelético y corresponde a un tendón (PLL) (fig. 232) que cruza la planta oblicuamente, insertándose en la *apófisis estiloides de la base del primer metatarsiano*, traccionando de aquí hacia el cuboides, por donde se refleja aprovechando un *canal* que limita la *cresta* de este hueso y abandona la planta del pie caminando hacia el peroné. Este *tendón peroneo* del *músculo peroneo lateral largo* (PLL), al tirar del primer metatarsiano intensifica la concavización plantar en todos los sentidos.

Los músculos fundamentales de la región plantar son de pequeño tamaño. Están los llamados *músculos interóseos*, que se insertan en los espacios metatarsianos (fig. 232) y en la primera falange de cada dedo, por cuyo motivo tienden al cierre de estos espacios interóseos y a la flexión de la primera falange de los cuatro últimos dedos, consiguiendo así una apropiada concavización de la planta. Notemos, pues, los espacios interóseos metacarpianos (figs. 231 y 232) rellenos de musculaturas interóseas y los extremos laterales de la primera falange del segundo, tercero, cuarto y quinto dedos, atados por un tendoncito en cada lado. Si empezamos a considerar el *segundo dedo* (II), que es el

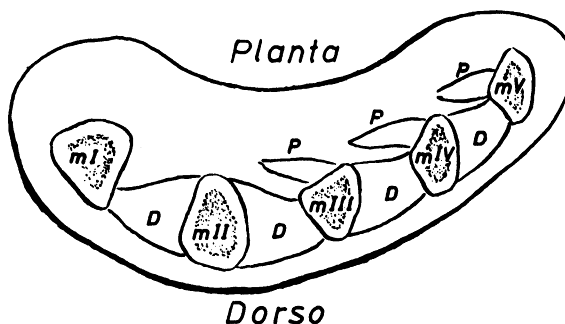


FIG. 231. — Sección transversal del pie mostrando esquemáticamente los cinco metatarsianos, los músculos interóseos dorsales (D) y los interóseos plantares (P).

que tiene el metatarsiano más profundamente situado respecto de la concavidad plantar, notaremos que en el extremo de su primera falange, por cada lado, los tendoncitos dan lugar a dos músculos interóseos muy profundos, y por lo tanto «dorsales», que rellenan completamente los espacios interóseos que les corresponden. El *tercer dedo* (III) muestra una primera falange con dos interóseos, notando que el interóseo lateral externo de este dedo encuentra el espacio completamente libre, ocupándolo en toda su extensión, haciéndose «dorsal» en consecuencia; en cambio, el interóseo lateral interno



FIG. 232. — Planta del pie mostrando la musculatura interósea dorsal y plantar.

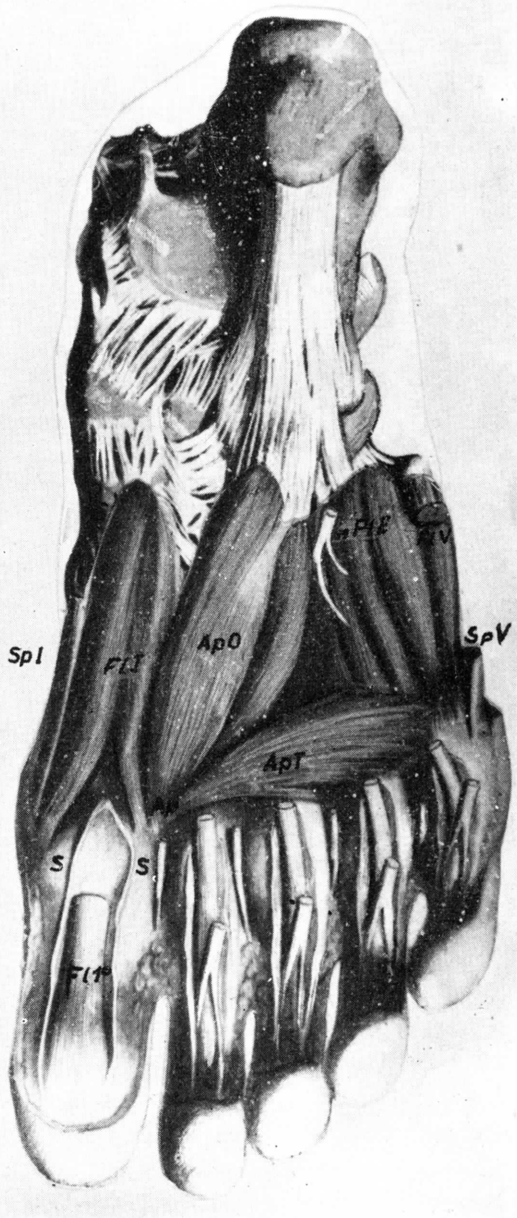


FIG. 233. — Planta del pie mostrando la musculatura de la figura anterior y algunos músculos especiales para el primero y quinto dedos.

del mismo tercer dedo encuentra un espacio ya ocupado por interóseo dorsal, por cuyo motivo se inserta «plantarmente» (p) en el tercer metatarsiano. Lo mismo podemos decir respecto del cuarto dedo (IV), pues el interóseo lateral externo de dicho dedo ocupa todo el espacio interóseo que se encuentra libre, siendo «dorsal» por lo tanto; en cambio, el interóseo lateral interno de dicho dedo está «plantarmente» situado (p), ceñido sólo al cuarto metatarsiano. Respecto del *quinto dedo* (V), notemos que sólo puede haber un «interóseo plantar» (p) procedente de la parte lateral interna de la falange de dicho dedo; la musculatura lateral externa del quinto dedo es muy necesaria, pero no puede ser interósea, disponiéndose en dos fuertes fascículos: uno llegará a la cresta del cuboides, actuando en la flexión de dicho dedo y recibiendo el nombre de *flexor corto* (FlV) (figs. 232 y 233); el otro fascículo, partiendo del mismo punto en el extremo externo de la primera falange del quinto dedo, sigue paralelo al músculo procedente, pero es más largo, llegando hasta el *trígono calcáneo* en su tuberosidad posteroexterna, actuando como *separador del quinto dedo* (Sp V) (figs. 233 y 234).

Para el apoyo y concavización del pie se necesitan también musculaturas que actúen en el primer dedo por corresponder al apoyo de la punta. A este propósito tenemos musculaturas que actúan traccionando de los *sesamoideos* (Ss) del dedo gordo, que son los apoyos fundamentales de la punta del pie. Tenemos el músculo llamado aproximador (Ap) (fig. 233), con un fascículo «aproximador oblicuo» (ApO) que, traccionando del sesamoideo externo, lo lleva a la cresta del cuboides; está también el fascículo «aproximador transverso» (ApT), que traccionando del mismo sesamoideo lo acerca hacia la cabeza de los cuatro últimos metatarsianos, donde se inserta. El fascículo oblicuo y el transverso integran, pues, el *músculo aproximador del dedo gordo.* Está también el *flexor corto* del dedo gordo (FlI), que inserto en ambos sesamoideos va fundamentalmente a la primera cuña. Está, por último, el *separador del dedo gordo* (SpI), que inserto en el sesamoideo interno va al trígono calcáneo en su tuberosidad posterointerno (fig. 235). Todo ello vigoriza el apoyo de la punta del pie y, en consecuencia, la concavidad del puente.

Aparte de estos pequeños músculos propios de la planta, existen los grandes músculos que se escapan de esta zona, si bien realizan en ella funciones de apoyo parecidas a las que venimos considerando. Su matiz diferencial corresponde a la gran fuerza que desarrollan y que aplican a un apoyo determinado de la planta del pie; por este motivo los músculos largos principales han de corresponder al apoyo de la punta, como el llamado *flexor largo del dedo gordo* (Fl1.º) (fig. 234), que inserto en la última falange del dedo gordo forma un tendón resistente que surca la planta del pie hacia atrás, saliendo de ella y terminando en el peroné. Está también el *tibial posterior* (TiP), que, inserto en la primera cuña y escafoides, se dirige hacia atrás paralelo al anterior, terminando en el espacio interóseo tibioperoneal, disponiéndose así para ayudar al flexor del dedo gordo en su función de apoyo al cargarse sobre el mismo eje de la punta del pie.

Tenemos otras musculaturas largas que actúan sobre más apoyos del pie, ampliando la base de sustentación, como es el *flexor largo común de los dedos* (Flc), que se inserta en las últimas falanges de los cuatro últimos dedos, dirigiéndose sus tendones hacia atrás y reuniéndose en la planta para formar un tendón que se continuará con un vientre carnoso que cruza y cubre los dos músculos largos precedentes, para terminar en la parte posterointerna de la tibia, pues es la única zona que queda libre para inserción. Este flexor largo común tiene que cambiar de dirección en la planta del pie, existiendo aquí un músculo que corrige ese cambio de dirección. Es el *cuadrado plantar o flexor accesorio* (FAc), inserto en el flexor largo común y en el calcáneo.

Además de la tracción de los dedos, lograda por los interóseos actuando sobre la primera falange y la lograda por el flexor común largo actuando sobre la última falange, se encuentra un flexor que va a actuar en

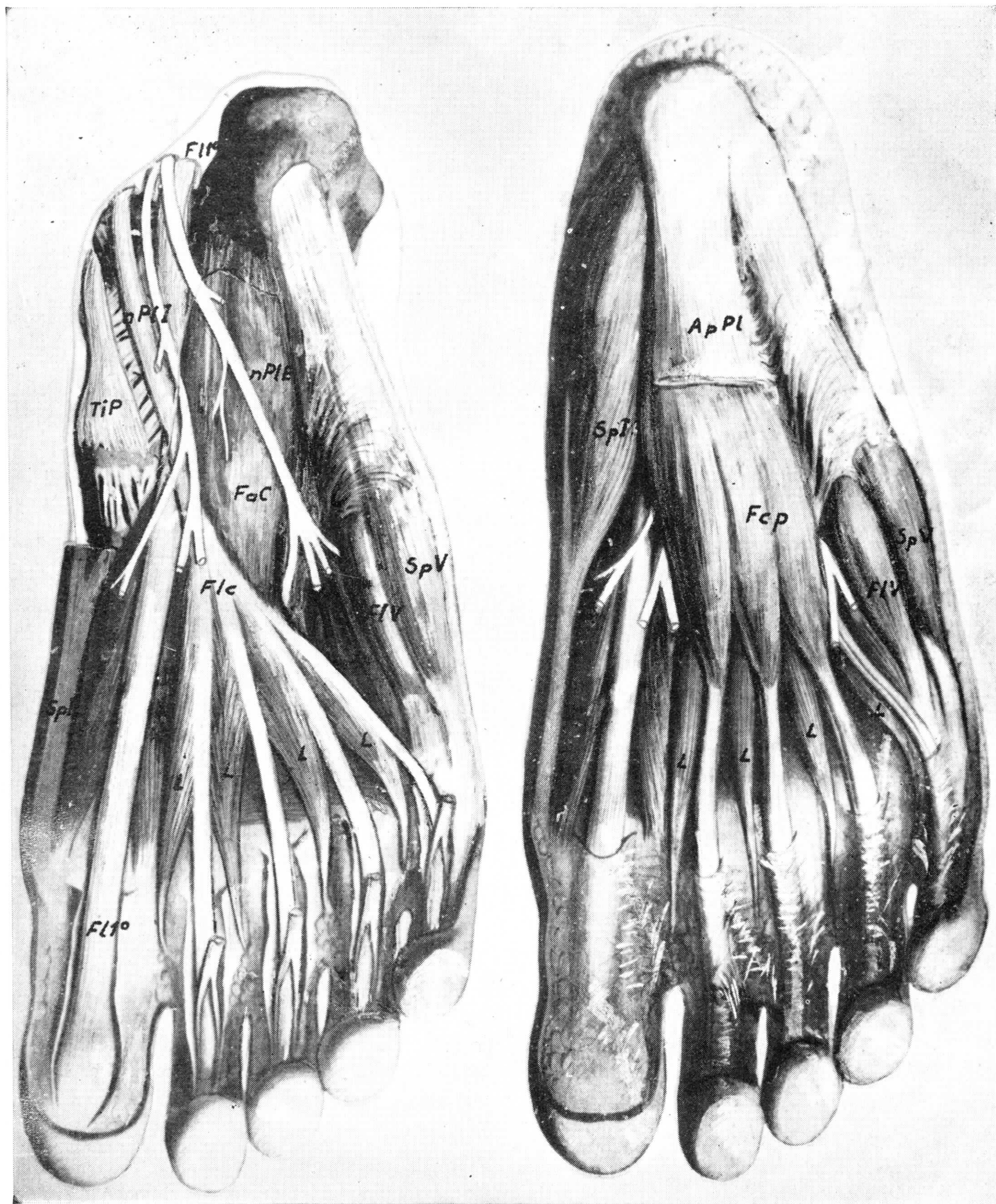


FIG. 234. — Visión de la planta del pie de la que se ha separado la piel y resecado la parte anterior de la aponeurosis plantar superficial, mostrando todas las musculaturas y los nervios plantares seccionados cuando se hacen superficiales.

FIG. 235. — Sobre la musculatura del panorama anterior se colocan los flexores largos y los nervios plantares.

la segunda falange y que, por lo tanto, necesita un tendón en forma de horquilla que abrace al flexor común largo. Este tendón, inserto en la segunda falange, corresponde a los cuatro últimos dedos, reuniéndose sus tendones según se dirigen hacia atrás para formar un plano muscular extendido por la planta, que es el *flexor plantar corto* (Fcp) (fig. 235), situado entre los dos músculos separadores que se ven en la superficie de la

planta. Su inserción posterior llega hasta el calcáneo, entre las dos tuberosidades posteriores, donde se insertan los músculos separadores indicados. Así, los cuatro últimos dedos muestran flexión, independiente para cada una de sus falanges, con lo cual su apoyo puede matizarse en cada circunstancia según convenga.

Aparte de esa acción flexora de los dedos tan matizable, existe una acción combinada con la extensora que debe poseer cada dedo. La acción «flexora-extensora» combinada, que se consigue mediante los llamados músculos *lumbricales* (L) (figs. 234 y 235), que van del tendón flexor largo de cada dedo hacia los tendones extensores del dedo que le corresponde; por este motivo, tales músculos han de pasar al dorso aprovechando los espacios interóseos. Notemos sus finos vientres dispuestos por la parte interna de cada dedo.

Todas las musculaturas indicadas se impulsan por la corriente que viene del nervio TIBIAL POSTERIOR, que al llegar a la planta del pie se divide en un filete PLANTAR INTERNO (n Pl I) y otro PLANTAR EXTERNO (n Pl E), repartiéndose ambos la inervación muscular de la planta, correspondiendo al plantar interno los músculos separador y flexor corto del dedo gordo exclusivamente (figura 234).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR. SISTEMAS NEUROMUSCULARES PARA EL APOYO = MÚSCULOS Y NERVIOS DE LA PLANTA DEL PIE: Músculos interóseos. Músculos del quinto dedo. Músculos del primer dedo. Músculos flexores plantares, largos, cortos y accesorio. Músculos lumbricales. Nervios plantares motores, externo e interno. Nervio tibial posterior.

CAPÍTULO 37

GRUPOS NEUROMUSCULARES PARA EL EQUILIBRIO, SITUADOS EN LA PIERNA Y PIE. TRONCOS CIÁTICOS POPLÍTEOS INTERNO Y EXTERNO

SISTEMA NEUROMUSCULAR QUE ACTÚA EN EL TOBILLO CONTRIBUYENDO AL EQUILIBRIO

Estas musculaturas actúan en la articulación del tobillo según sus posibilidades de movimiento. Unas lo harán por detrás, contribuyendo a su extensión y formando musculaturas posteriores de la pierna. Otras actuarán lateralmente por fuera, protegiendo la parte externa de la articulación, que es débil, constituyendo el grupo lateral externo de la pierna. Otras, en fin, actuarán por delante, contribuyendo a la flexión del tobillo y constituirán un grupo de musculaturas anteriores de la pierna.

MUSCULATURAS POSTERIORES. El *flexor del dedo gordo,* el *tibial posterior* y el *flexor de todos los dedos* fueron estudiados como músculos que actúan en los apoyos del pie, si bien aquí, al insertarse en la pierna, también actúan extendiendo la articulación del tobillo. A este propósito (fig. 236) el flexor del dedo gordo (Fl1.°) se inserta en el peroné; el tibial posterior (TiP), que procedía del escafoides (Es), se inserta en el espacio interóseo-tibio-peroneo-posterior; el flexor común (FlC), en fin, termina en la parte interna de la tibia, que es el único espacio que queda libre.

Aparte de estos tres músculos, queda una gran masa que actúa de la misma manera en la articulación, pero más intensamente, realizando sus inserciones en el calcáneo mediante el «tendón de Aquiles» (Aq) (fig. 237). Desde este tendón ascienden tres grandes cabezas musculares; por eso, el músculo recibe el nombre de «tríceps sural». El vientre más profundo del tríceps sural es el *sóleo* (Sol), que desde el tendón de Aquiles va a terminar en la llamada *cresta oblicua de la tibia y del peroné,* situada inmediatamente por debajo del músculo poplíteo (Pop), ya conocido a propósito de la articulación de la rodilla y por encima de los tres músculos profundos indicados anteriormente. La atadura del sóleo en la cresta oblicua de la tibia y del peroné obliga a que se forme un anillo entre ambas inserciones, que es el llamado «anillo del sóleo», constituyendo un paso que aprovechan vasos y nervios; en este caso concretamente, el llamado NERVIO CIA-

→

FIG. 236. — Región posterior de la pierna continuándose con la planta del pie, mostrando el panorama muscular profundo y el trayecto del nervio ciatico-poplíteo interno.

FIG. 237. — Región posterior de la pierna, en la que se han seccionado los dos gemelos.

FIG. 238. — Región posterior de la pierna una vez separada la piel.

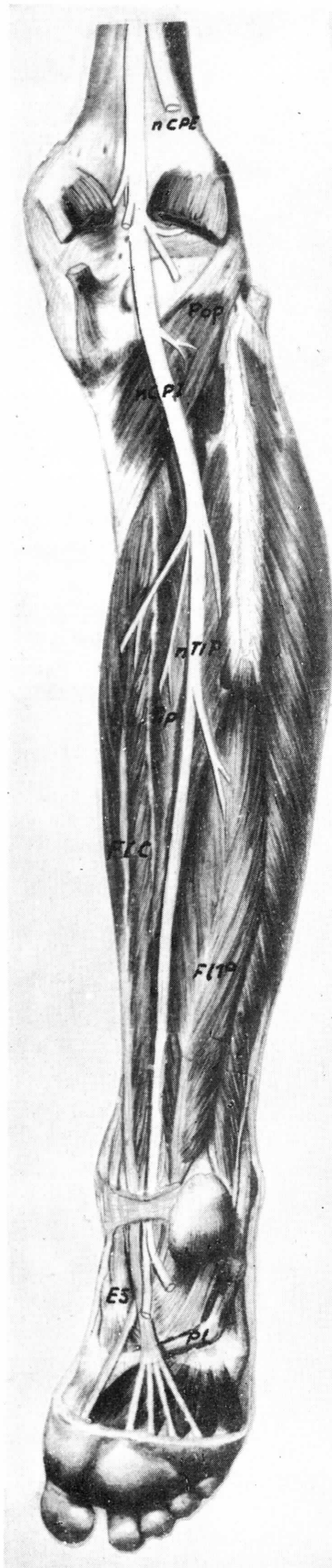


Fig. 236

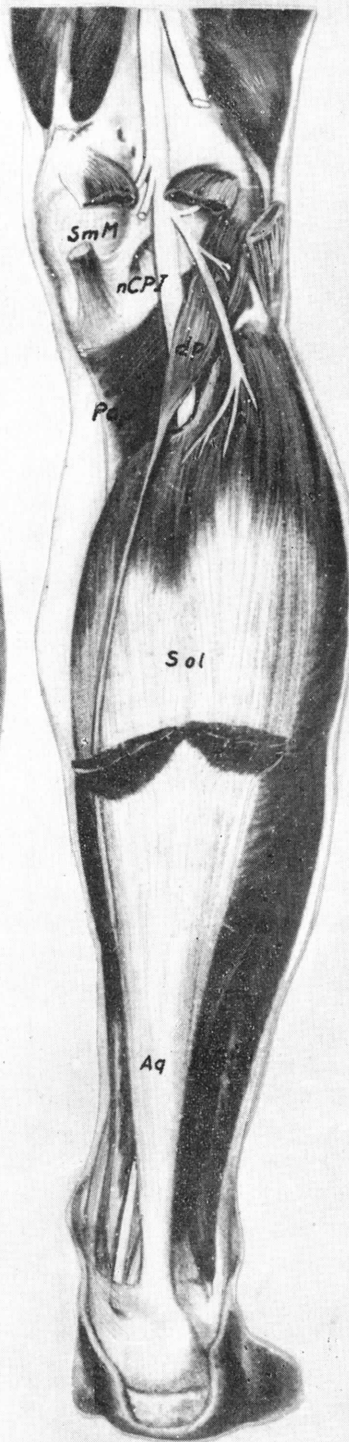


Fig. 237

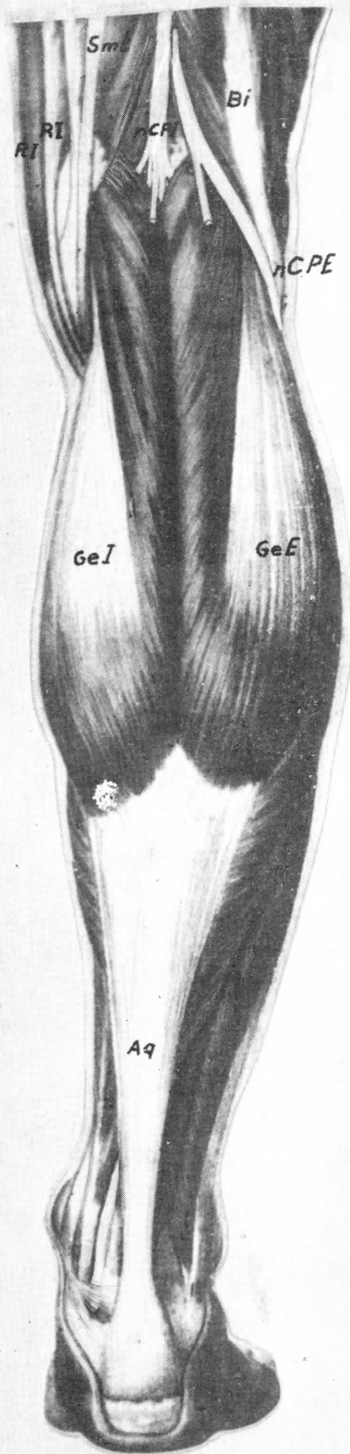


Fig. 238

TICOPOPLÍTEO INTERNO (NCPI), para convertirse en nervio TIBIAL POSTERIOR (nTiP) (figura 236). La existencia del nervio ciático poplíteo interno en esta región poplítea puede determinar que en el momento de la flexión articular se establezcan flexiones bruscas y viciosas de dicho nervio y de los grandes vasos que le acompañan. Para regular la incurvación de los vasos y nervios durante la flexión de la rodilla, está el conocido *músculo poplíteo* ceñido a la articulación de la rodilla. También está el llamado *músculo delgado poplíteo* (Dp) (fig. 237), impropiamente llamado «plantar delgado». El músculo delgado poplíteo se inserta desde el cóndilo externo hasta el tendón de Aquiles, adaptándose por detrás de los vasos y nervios poplíteos. Este músculo delgado, cuya función acabamos de indicar, tiene una participación bien reducida en el proceso de levantar el talón encomendado al tríceps sural. Los otros dos vientres que integran el tríceps sural corresponden a los *gemelos.*

Los gemelos se disponen como dos masas simétricas: gemelo externo (GE) y gemelo interno (GI) (fig. 238), que insertamos juntos, en la zona del tendón de Aquiles en que arranca el sóleo, se dirigen superficialmente hacia arriba, para terminar en la parte alta del cóndilo externo y del cóndilo interno, respectivamente. Dichos gemelos, en su unión mutua, cubren el ciático poplíteo interno (nCPI), nervio que también había sido cubierto por el músculo delgado poplíteo. El tríceps sural así constituido ejerce una gran acción sobre el talón, elevándolo, lo cual no solamente influye en la articulación del tobillo, extendiéndola, sino en elevar todo el cuerpo, adoptando la posición de «puntillas».

Toda la musculatura posterior que hemos indicado está inervada por el ciático poplíteo interno (nCPI) y su continuación, el tibial posterior (nTiP). El ciático poplíteo interno procede a su vez del llamado tronco ciático, situado más superiormente, pues éste se divide en el ciático poplíteo interno, que va cubierto por los gemelos y el ciático poplíteo externo (nCPE) (fig. 238), que se encarga de la inervación de los restantes grupos musculares, que son los de la región externa y los de la región anterior de la pierna.

MUSCULATURAS EXTERNAS. Corresponden a los llamados peroneos, debiendo distinguir el *peroneo lateral corto* (Pc) (figuras 239 y 240) y el *peroneo lateral largo* (PL), cuyos tendones se disponen por fuera de la articulación del tobillo (fig. 241) para regular la separación externa de su interlínea, que en algunos momentos se hace necesario para la función de apoyo, y evitar así que se abra conduciendo al «esguince». El peroneo lateral corto se inserta en la *apófisis estiloides del quinto metatarsiano* (EstV), y de allí alcanza el maléolo externo, engastándose en su *canal retromaleolar;* entonces el tendón se convierte en músculo, que se inserta en la cara externa del peroné, que se encuentra excavada a estos efectos constituyendo el *canal de los peroneos.* El peroneo lateral largo ofrece una dirección parecida, pero sus inserciones tienen más alcance, pues plantarmente el tendón llega a la apófisis estiloides del primer metatarsiano (PL) (fig. 236), desde donde tiene que atravesar oblicuamente toda la planta para salir por el canal del cuboides que existe ante la cresta de dicho hueso; desde allí sigue (PL) (fig. 241) el tendón el mismo camino que el peroneo lateral corto, pero llega hasta la *cabeza del peroné;* este músculo se inserta además en el labio anterior y en el labio posterior del canal óseo de los peroneos, lo que le dispone en forma de sábana que envuelve el peroneo lateral corto. Este músculo, así, no solamente sujeta por fuera la articulación del tobillo, sino que además contribuye a la concavidad del puente plantar, como ya sabemos. Además, deja un ojal en sus inserciones bajo la cabeza del peroné, deslizándose por allí el nervio CIÁTICO POPLÍTEO EXTERNO (nCPE), en cuyo momento se divide en el nervio PERONEO, que inerva los dos músculos peroneos laterales, y el NERVIO TIBIAL ANTERIOR, que va a inervar la musculatura anterior.

MUSCULATURA ANTERIOR figs. 239 y 240). Está constituida por masas que se insertan en las últimas falanges de los dedos y reciben el nombre de extensores, entre los que tenemos el *extensor del dedo gordo* (EG)

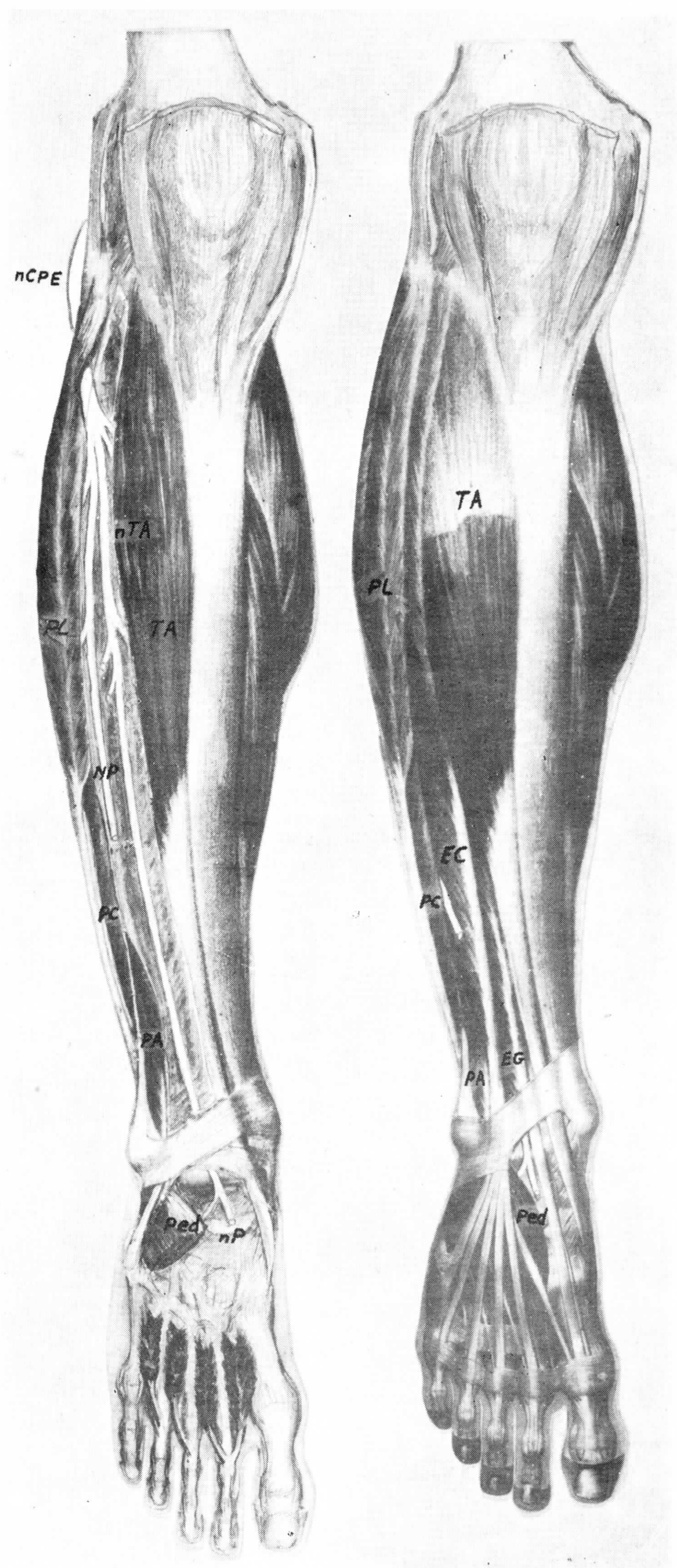


FIG. 239 FIG. 240

FIG. 239. — Región anterolateral de la pierna mostrando el trayecto del nervio ciaticopoplíteo externo y sus ramas principales.

FIG. 240. — Región anteroexterna de la pierna una vez separada la piel.



FIG. 241. — Representación esquemática del sistema neuromuscular ciaticopoplíteo externo.

y el *extensor común de los dedos* (EC), insertos cada uno en las últimas falanges. Está también un músculo que corrige la dirección de los dedos, haciendo que los primeros dedos se desvíen hacia afuera confluyendo así con los últimos dedos, que no ofrecen desviación. Esta confluencia reúne los dedos, cosa apropiada para el mejor uso del apoyo de la punta del pie. El músculo que realiza esta acción oblicua de los dedos es el *pedio* (Ped) que, insertándose oblicuamente en tendones extensores va al calcáneo formando vientres musculares aplanados por debajo de los músculos extensores indicados anteriormente. Tenemos un último grupo constituido por el *tibial anterior* (TA) y el *peroneo anterior* (PA). El tibial anterior, inserto en el escafoides, va a toda la cara externa de la tibia. El peroneo anterior, inserto en la apófisis estiloides del quinto metatarsiano, va al peroné junto al ligamento interóseo, inmediatamente debajo de las inserciones del extensor del dedo gordo y del extensor común, que también llegan a esta zona.

La musculatura anterior y externa la vemos inervada por el ciático poplíteo externo (nCPE), que al llegar al anillo osteofibroso de los peroneos se divide en el ramo peroneo (nP), que inerva los peroneos laterales largo y corto, y el ramo tibial (nTA), que inerva todos los músculos de la región anterior, llegando en consecuencia a terminar en el pedio.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES PARA EL EQUILIBRIO: MÚSCULOS DE LA PIERNA PROLONGADOS AL PIE: *Musculaturas posteriores. Musculaturas anteroexternas.* Flexor largo del dedo gordo. Tibial posterior. Flexor común poplíteo. Sóleo. Gemelos. Delgado poplíteo = delgado plantar. Peroneo lateral largo, corto, anterior. Tibial anterior. Extensor del dedo gordo. Extensor común de los dedos. Pedio. *Nervios ciáticos poplíteos externo e interno.* Tibial posterior. Nervio tibial anterior. Nervio peroneo = = nervio musculocutáneo.

CAPÍTULO 38

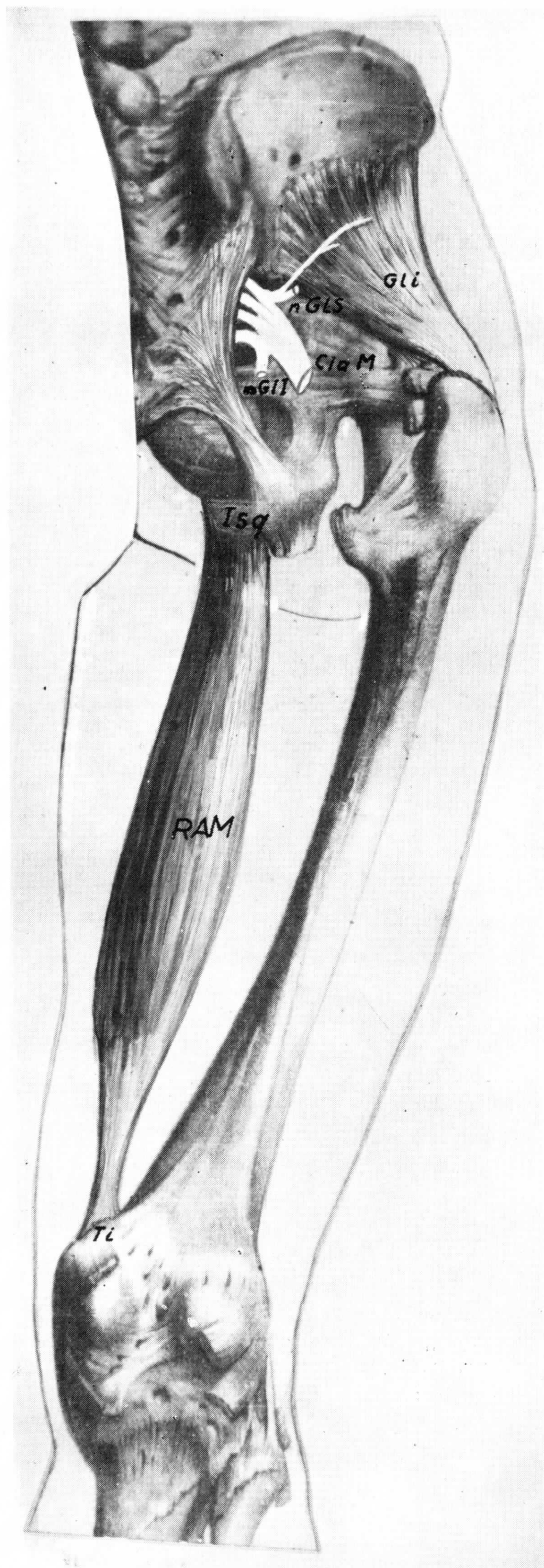
GRUPOS NEUROMUSCULARES DEL APLOMO: MÚSCULOS DE LA NALGA. PANORAMA POSTERIOR DEL MUSLO. TRONCO CIÁTICO

El enderezamiento es mantenido por un gran acúmulo neuromuscular que se distribuye por la nalga y por la parte posterior del muslo, para traccionar del fémur hacia atrás y acercar su dirección a la del retrosoma, integrando de esta manera el enderezamiento de todo el cuerpo. Así, toda la extremidad enderezada se aploma en el apoyo plantar. Este acúmulo pues, puede ser considerado como el SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL APLOMO.

Tenemos un PRIMER GRUPO DE MÚSCULOS APLOMADORES O ENDEREZADORES puros. Uno de ellos es el conocido clásicamente como *fascículo recto del gran aproximador* (RAM) (fig. 242), extendiéndose desde el *tubérculo superior* existente en el cóndilo interno (Ti) del fémur y dirigiéndose hacia arriba hasta la *tuberosidad del isquion* (Isq). Este músculo sigue la dirección del peso del cuerpo, que, como recordamos, soportaba el isquion en la actividad del asiento, isquion que cae en la vertical del cóndilo interno del fémur cuando el individuo está en pie. Este músculo lleva siempre al fémur a la posición de máximo enderezamiento del miembro, que es la del aplomo; naturalmente, ejerce una aproximación, pero sólo para que un miembro separado alcance la posición justa del aplomo, sin llegar, por lo tanto, a rebasar la aproximación más allá de la línea media.

Un SEGUNDO GRUPO MUSCULAR CONTRIBUYE AL ENDEREZAMIENTO Y AMPLÍA LA BASE DE SUSTENTACIÓN del apoyo. A este propósito, está el llamado *obturador interno* (ObI) (fig. 243), cuyo tendón tira de la llamada *fosita digital* que se encuentra oculta posteriormente en el gran trocánter (TrM). Desde allí el tendón tira hacia adentro, con lo cual el eje del miembro rota llevando la punta del pie hacia afuera y así se amplía la base de sustentación; esta tirantez se logra por la acción del vientre muscular del obturador interno, que se introduce por la escotadura ciática inferior para atarse en el reborde óseo que tiene el agujero obturador o isquiopubiano, al que tapa interiormente; de aquí su nombre. Del tendón del obturador interno se destacan dos nuevos músculos: el *gémino superior* (GmS) y el *gémino inferior* (GmI), que refuerzan la acción del obturador, traccionando de su mismo tendón en la misma dirección del músculo, insertándose el gémino superior en la espina ciática, y el gémino inferior en la tuberosidad del isquion (Isq). Una acción parecida la tiene el *cuadrado crural* (CC), que insertándose en la *línea intertrocantérea posterior* va transversalmente por dentro a terminar en la tuberosidad del isquion.

Tenemos un TERCER GRUPO de acción parecida, destacando el *piramidal* (Pir), que desde el pico del gran trocánter (TrM) va al sacro, pasando por la escotadura ciática superior, integrándose así al retrosoma. El pira-



midal, al realizar su acción de ampliar la base de sustentación, separa el pie en bloque, aparte de separar también la punta. Esta acción está reforzada por más músculos, los cuales ejercen en ella matices complementarios. A este propósito está el *glúteo menor* (Gli) (fig. 242), que se inserta en el trocánter por delante del piramidal. También está el *glúteo mediano* (Gl m) (fig. 243), que se inserta en el trocánter por detrás y por fuera del piramidal; ambos músculos glúteos dirigen sus fibras hacia el coxal para reforzar la acción del piramidal separando el pie, pero el glúteo menor lo hace en un pequeño espacio por delante de la pala iliaca, siendo un músculo relativamente reducido que, al separar el pie, dirige la punta hacia adentro. El glúteo mediano, en cambio, por insertarse por detrás y fuera del trocánter, llevará la punta del pie hacia afuera durante la separación y esta acción prevalecerá sobre la del glúteo menor, pues sus fibras son mucho más voluminosas y se insertan en la pala iliaca en mayor extensión. Esta acción enderezadora separando el pie se va integrando con otros músculos que actúan sobre formaciones aponeuróticas con el mismo fin. A este propósito tengamos presente que la musculatura externa del muslo (todavía sin estudiar) está encajada en una envoltura aponeurótica que le proporciona la llamada *fascia lata*, extendida en forma de vaina por la parte externa del muslo. La fascia lata es traccionada hacia arriba por el músculo *tensor de la fascia lata* (Fla), que se inserta en la espina iliaca anterosuperior y en esta ac-

←

FIG. 242. — Nalga y región posterior del muslo mostrando el fascículo recto del gran aproximador (Ram), el músculo glúteo inferior (GlI) y el origen de los troncos del sistema neuromuscular ciático

→

FIG. 243. — Visión posterior del muslo y cadera con el tronco ciático y músculos adyacentes.

FIG. 244. — Visión de la nalga posterior del muslo una vez resecada la piel.

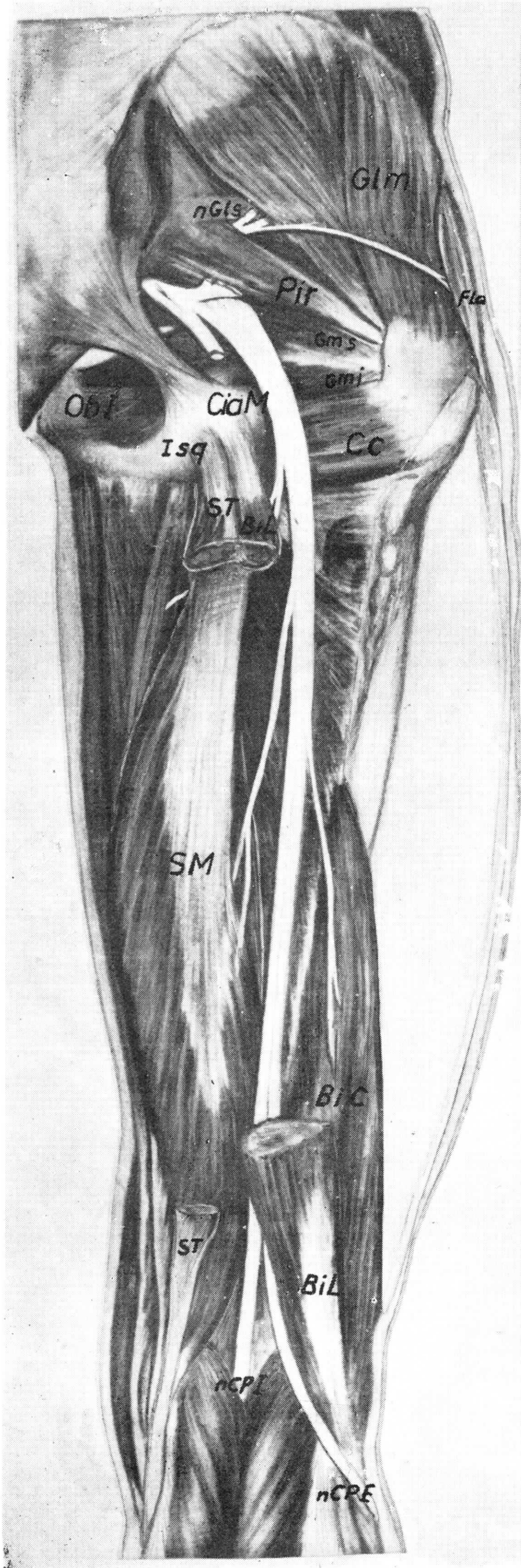


Fig. 243

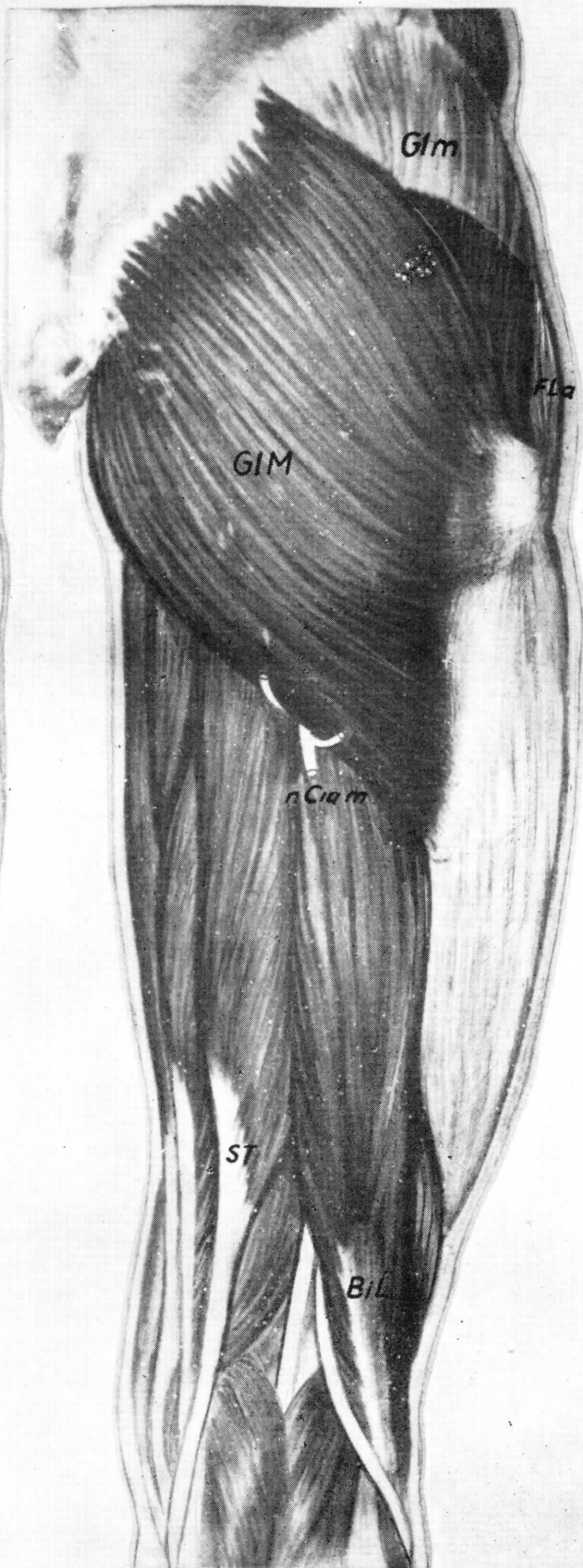


Fig. 244

ción también contribuye al enderezamiento. Éste es el GRUPO ENDEREZADOR, QUE MATIZA LA AMPLITUD DE LA BASE DE SUSTENTACIÓN.

La acción enderezadora que venimos considerando puede ejercerse masivamente si se aplica a la *línea oblicua externa del fémur* y se tracciona de ella hacia el retrosoma. A este fin tenemos el *glúteo mayor* (GlM) (fig. 244), cuyo tendón externo se inserta en la misma línea oblicua del fémur, haciéndolo también en la fascia lata con la que contacta. Desde allí sus fibras se dirigen hacia dentro en busca del retrosoma, al que alcanzan a nivel de la cresta iliaca, de la cara posterior del sacro y del mismo ligamento sacrotuberoso. Sus fibras oblicuas, de considerable grosor, actúan con gran fuerza en el enderezamiento conjunto del retrosoma y de la extremidad inferior. Por eso el músculo glúteo mayor representa la ACCIÓN ENDEREZADORA GENERALIZADÁ.

Distingamos un último GRUPO ENDEREZADOR QUE IMPULSA EL AVANCE. Se trata del llamado *músculo semimembranoso* (SM) (fig. 243), cuya inserción inferior se hace en la tibia y también mediante un tendón «capsular» en la articulación de la rodilla para tensar así la sinovial cuando se arruga en esta región. El músculo semimembranoso acaba en el isquion y está laminado en forma de media membrana, de donde le viene su nombre. Así puede envolver otro músculo que está más en superficie y es el *semitendinoso* (ST) (figs. 243 y 244). El semitendinoso se inserta también en la tibia, pero todavía más abajo que el semimembranoso y, por lo tanto, mucho más abajo que el fascículo recto del gran aproximador, que lo hacía en el fémur. Desde su inserción, el músculo se extiende en forma de tendón casi todo (de aquí su nombre) hasta el isquion. El semimembranoso y el semitendinoso enderezan también, pero pueden mantener la rodilla flexionada, mientras el enderezamiento del fémur se mantenga. Este grupo lo completa el llamado *bíceps*, que se inserta por debajo, lo mismo que los músculos indicados, pero en la parte externa, y por lo tanto en el peroné, desde donde sus fibras llegan al isquion mediante la llamada *porción larga* (BiL); existe una *porción corta* (BiC) que llega a la línea áspera del fémur y así se corrige la acción oblicua que la porción larga ejercía sobre la rodilla.

Notemos que el bíceps por una parte, y el semitendinoso con el semimembranoso por otra, limitan el *espacio poplíteo*, espacio que más abajo estaba limitado también por los dos gemelos al insertarse en los cóndilos. Así, el espacio poplíteo toma forma de «rombo»: el *rombo poplíteo*.

La INERVACIÓN de todas estas musculaturas enderezadoras se hace mediante un solo nervio, que es el CIÁTICO (Cia M), el cual se origina de aquellas raíces estudiadas en Embriología a propósito de la emigración somítica, que formaba el *plexo lumbosacro*. Recordemos e identifiquemos estas raíces saliendo en el adulto por la escotadura ciática superior y cubiertas por el músculo piramidal, al que hay que seccionar para identificarlas. Tales raíces son: la *quinta lumbar* (5L), la *primera sacra* (1s), la *segunda sacra* (2s) y la *tercera sacra* (3s); raíces que se reúnen para formar el tronco CIÁTICO, emitiendo al mismo tiempo también el nervio GLÚTEO SUPERIOR (n Gls) y el nervio GLÚTEO INFERIOR (n Gli).

Notemos que este dispositivo nervioso se encarga de impulsar toda la musculatura enderezadora: el nervio glúteo superior inervará al glúteo menor, al mediano y al tensor de la fascia lata. El nervio glúteo inferior inervará al músculo glúteo mayor. Los restantes músculos recibirán el impulso de ramas del ciático conforme va descendiendo hasta la región poplítea. Notemos cómo en la región poplítea el ciático se ha dividido en el POPLÍTEO INTERNO y el POPLÍTEO EXTERNO, nervios cuyos impulsos actuarán en musculatura para el equilibrio y para el apoyo (ya estudiados), integrándose así el *sistema neuromuscular del ciático*.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES PARA EL APLOMO = NALGA Y PANORAMA POSTERIOR DEL MUSLO. *Músculos aplomadores:* Fascículo recto del gran aproximador. Obturador interno. Géminos. Cuadrado crural. *Músculos enderezadores-separadores:* Piramidal. Músculos glúteos. Tensor de la fascia lata. *Músculos enderezadores que impulsan el avance:* Bíceps, semitendinoso, semimembranoso. *Tronco del gran ciático.* Nervios glúteos.

CAPÍTULO 39

SISTEMAS NEUROMUSCULARES PARA LA MARCHA = PANORAMA ANTERIOR DEL MUSLO. FASE PREPARATORIA DE LA MARCHA = SISTEMA NEUROMUSCULAR OBTURATRIZ

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DE LA MARCHA

En el proceso de la marcha se requiere una fase previa que haga perder el apoyo a la extremidad que la inicia. Para ello, esta extremidad cederá su apoyo a la del otro lado, teniendo por lo tanto que aproximarse más allá de la línea media. Por este motivo la fase previa de la marcha es también una fase aproximadora, todo lo cual es necesario para que venga la segunda fase de la marcha, que tiene un matiz marcadamente flexor.

Fase previa o aproximadora de la marcha

El punto de partida debe de corresponder esquemáticamente a una extremidad que apoya todavía y que, por lo tanto, se encuentra enderezada aún por estar actuando todos los músculos enderezadores. De ellos, tomemos como referencia aquel *músculo enderezador propiamente dicho* o *fascículo recto del gran aproximador* (RAM) (fig. 245), ya estudiado, extendiéndose desde el tubérculo del gran aproximador, sobre el cóndilo interno, y dirigiéndose hacia el isquion. Pues bien, este enderezamiento y apoyo, por lo tanto, debe de irse perdiendo al empezar la extremidad a aproximarse más allá de la línea media, para ceder su apoyo a la otra extremidad. Con este fin, se dispone el llamado *fascículo torcido del gran aproximador* (TorAM) (figura 245), que se inserta ampliamente en la *línea áspera del fémur* y, por el otro cabo, corresponde a la rama isquiopubiana. Notemos que las fibras de más baja inserción en la línea áspera son las que llegan al isquion y, por lo tanto, son las que empiezan a modificar la acción enderezadora del músculo enderezador propiamente dicho, para ir expresando una acción aproximadora más allá de la línea media. En contraste, notemos que las fibras más altas del fascículo torcido, que se insertan en la línea áspera, van cerca del pubis y, por lo tanto, manifiestan más intensamente la acción aproximadora y, además, un matiz ligeramente flexor. Notemos, por último, que entre el fascículo torcido y el fascículo recto del gran aproximador se encuentra un espacio en forma de anillo, es el llamado *anillo del gran aproximador* (Ani) (figs. 245, 246 y 247), que permitirá el paso de un paquete vascular.

La acción aproximadora y flexora inicial va matizándose por la sucesiva intervención de otros músculos pertenecientes a este mismo grupo: está el llamado *recto interno* (RI) (fig. 247), que extendiéndose desde la tibia

va hasta la rama isquiopubiana cerca del pubis. Este músculo resumirá la acción del fascículo torcido del gran aproximador, pero al mismo tiempo influirá en la articulación de la rodilla, articulación que al haberse iniciado la aproximación del miembro se encuentra pasivamente flexionada a causa del peso de la pierna. Pues bien, el recto interno, al insertarse en la tibia, con rodilla ligeramente flexionada, puede actuar sobre ésta manteniendo activamente su pasiva flexión inicial. Tenemos además los restantes aproximadores, como son el aproximador menor (AMen) y el aproximador mediano (AMed).

El *aproximador menor* se inserta en la parte más alta de la línea áspera, dirigiéndose desde aquí al pubis en su cara anterior, con lo cual la contracción de sus fibras intensifica la acción aproximadora y el matiz flexor que expresó el gran aproximador. El *aproximador mediano* se inserta en la parte más baja de la línea áspera, yendo sus fibras desde aquí hasta la espina del pubis y, por lo tanto, más afuera de la línea media, con lo cual, al contraerse este músculo, dará lugar a menor aproximación que los precedentes, pero a una flexión bastante más acusada. Aproximador menor y aproximador mediano, pues, van sucesivamente actuando en el miembro, para darle un matiz cada vez más flexor y menos aproximador.

El matiz flexor se pone más en manifiesto por la acción de un nuevo músculo: el llamado *obturador externo* (ObE), que, inserto en la *fosita digital* del trocánter mayor, forma un tendón por detrás del cuello anatómico del fémur y termina muscularmente en el contorno óseo del agujero isquiopubiano, tapándolo exteriormente. En estas condiciones, la contracción obliga al acercamiento de la fosita digital, donde se inserta, hacia el agujero isquiopubiano y, en consecuencia, una rotación del cuello anatómico del fémur, lo que determina una flexión manifiesta de la extremidad, pero iniciando la separación de la misma y, por lo tanto, deshaciendo el proceso aproximador considerado en principio.

Todo el grupo muscular indicado está inervado por el llamado NERVIO OBTURATRIZ (nOb), que se desprende del PLEXO NERVIOSO LUMBAR (ya estudiado en Embriología, a propósito de la constitución somática de la extremidad inferior). El plexo lumbar en el adulto conserva la misma disposición, pues se forma a expensas de la *segunda raíz* (L2), *tercera raíz* (L3) y *cuarta raíz lumbar* (L4) (fig. 251), raíces que se reúnen en dos aletas independientes: una «interna» va a constituir el NERVIO OBTURATRIZ (nOb), otra «externa» va a constituir el NERVIO CRURAL (NC). El nervio obturatriz atraviesa el agujero obturador o isquiopubiano (figs. 246 y 247), inervando entonces al músculo obturador externo y dividiéndose en seguida en una rama superficial y otra profunda. La superficial pasa ante el aproximador menor y lo

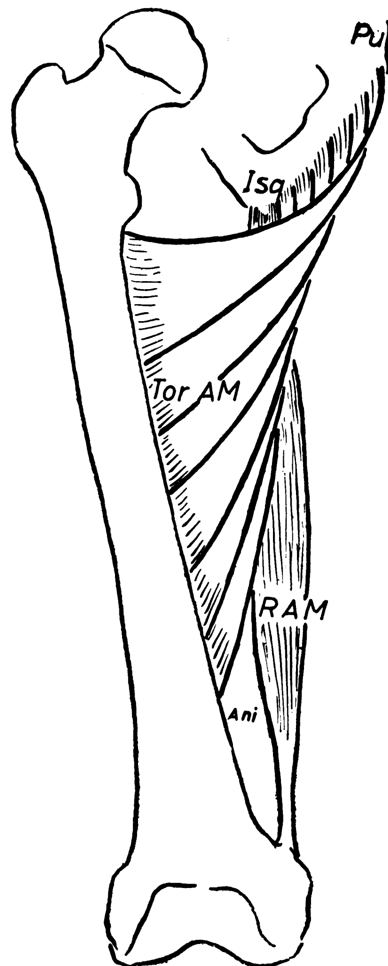


FIG. 245. — Representación esquemática del músculo gran aproximador con su fascículo recto (RAM) y el fascículo torcido (TorAM). Anillo vascular del gran aproximador (Ani). Pubis (*Pu*). *Isquion* (Is).

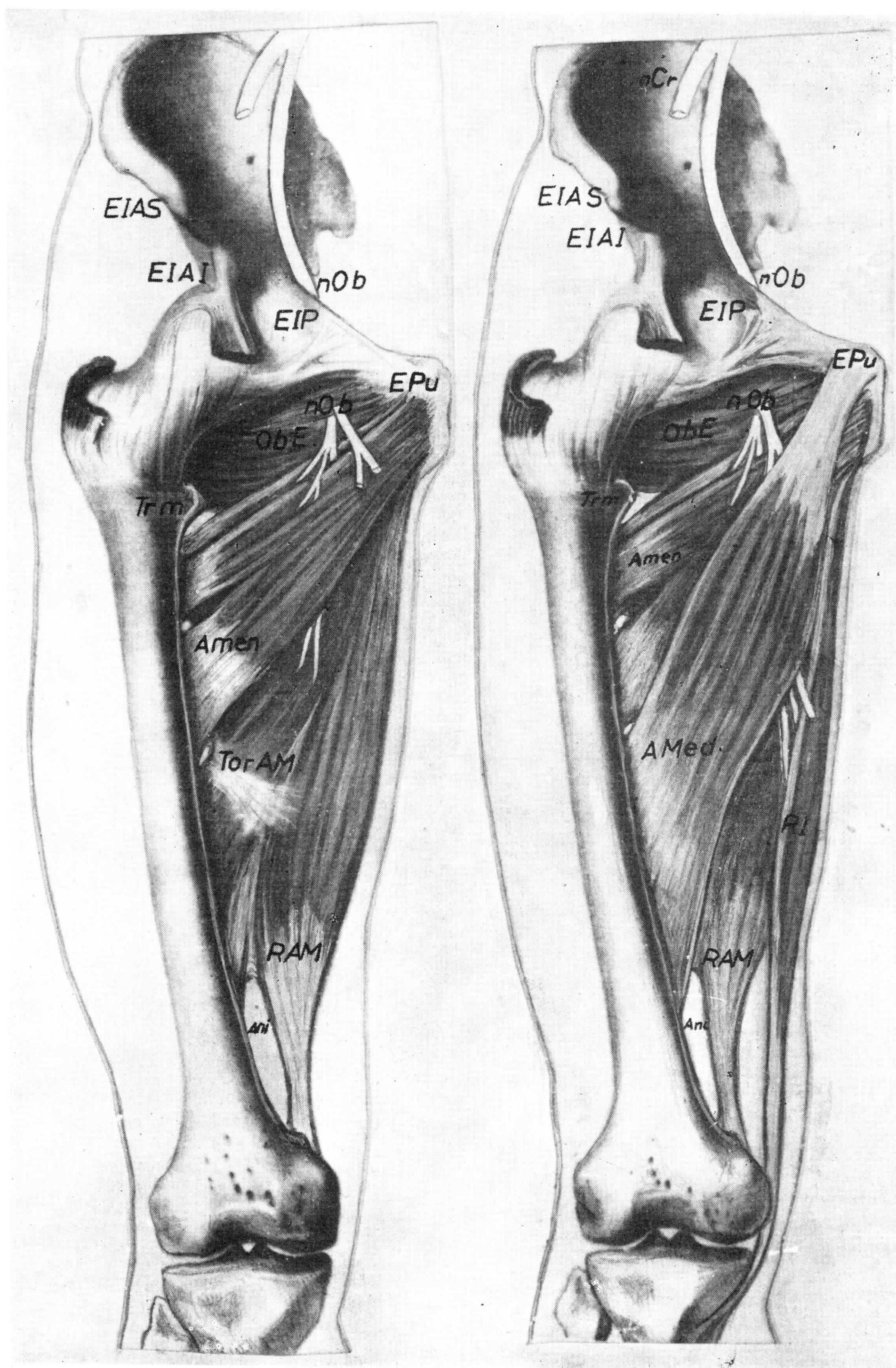


FIG. 246

FIG. 247

inerva, así como al mediano y al recto interno. La otra rama de división, la profunda, pasa tras el aproximador menor inervando el fascículo torcido del gran aproximador. Así, queda constituido el SISTEMA NEUROMUSCULAR OBTURATRIZ.

La fase preliminar de la marcha es necesaria, pues, para que se suceda la segunda fase o flexora, de la que se va a encargar el sistema neuromuscular del nervio crural, que debe estudiarse más adelante. En dicha fase preliminar debemos de puntualizar la situación en que se queda el cuerpo al perder su apoyo una extremidad, situación que obligaría a que la pelvis se desplome hacia el lado de la extremidad que inicia la marcha. Este desplome de la pelvis debía de llevar como consecuencia una desviación de la columna vertebral, obligando a que ésta se inclinase totalmente en toda su longitud. Sin embargo, entonces actúan los músculos retrosomáticos del lado opuesto y, tomando como punto fijo la pelvis, tiran a todo lo largo, obligando a que la cabeza permanezca en situación vertical; por otra parte, como esta tirantez también se ejerce en la implantación de las primeras costillas, la parte correspondiente de la columna vertebral también es traccionada. En consecuencia, la columna vertebral recupera la situación general de enderezamiento, pero a expensas de haberse formado unas curvaturas compensadoras (fig. 138). Estas curvaturas desaparecen casi instantáneamente, porque casi al mismo tiempo la musculatura retrosomática del lado del desplome actúa tomando la cabeza como punto fijo y, en consecuencia, elevando la parte desplomada de la pelvis, con lo cual la posición queda recuperada, tanto en la pelvis como en la columna vertebral, que puede recobrar así su enderezamiento a pesar de que una extremidad estaba sin apoyo.

Si la falta de apoyo de la extremidad es permanente, como ocurriría con una cojera crónica, el mecanismo de compensación que recupera el enderezamiento del retrosoma no puede ejercerse mucho tiempo a causa del agotamiento muscular. Entonces no pueden desaparecer las curvaturas laterales originadas en la columna vertebral, con lo cual quedan permanentes, dando a la columna vertebral el aspecto denominado *escoliosis*.

←

FIG. 246. — Sistema neuromuscular del nervio obturatriz (nOb) sin el músculo recto interno ni el aproximador mediano.

FIG. 247. — Sistema neuromuscular del obturatriz (nOb) con el recto interno (RI) y el aproximador mediano (AMed).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES PARA LA MARCHA = PANORAMA ANTERIOR DEL MUSLO. *Fase preparatoria de la marcha = Sistema neuromuscular obturatriz.* Fascículo torcido del gran aproximador. Aproximador menor. Aproximador mediano. Recto interno. Músculo obturador externo. Nervio obturatriz.

CAPÍTULO 40

FASE FLEXORA DE LA MARCHA = SISTEMA NEUROMUSCULAR CRURAL

Fase flexora o segunda fase de la marcha

Ésta se inicia tras la *fase previa,* donde vimos una aproximación que iba adquiriendo un matiz flexor cada vez más acusado; todo, merced al sistema neuromuscular del obturatriz. Después viene una acción propiamente flexora que acaba imponiéndose y corresponde a la *segunda fase,* servida por el sistema neuromuscular del crural (figs. 248 y 249).

El SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL CRURAL requiere ACCIONES MUY FLEXORAS a base del paquete muscular *psoas-iliaco-pectíneo,* que tira de la zona del trocánter menor en dirección ascendente. Distinguimos el músculo *psoas* (Pso), que, inserto en el trocánter menor (Trm), se dirige hacia arriba pasando por la llamada *escotadura psoas* (Pso) (fig. 230), situada entre la *espina iliaca anteroinferior* (EIAI) y la *eminencia ileopectínea* (EIp), introduciéndose así en la pelvis y ascendiendo para insertarse ampliamente en la columna vertebral lumbar, sobre todo en los discos vertebrales y en sus partes óseas vecinas. Está también el músculo *iliaco* (mIl) (fig. 207), que se inserta igualmente en el trocánter menor (Trm), pasando a la pelvis por la *escotadura iliaca* (X) (fig. 230), que está entre la *espina iliaca anterosuperior* (EIAS) y la *anteroinferior* (EIAI) (figura 230), para extenderse después en toda la fosa que ofrece la pala iliaca por su cara interna. Tenemos por último el *pectíneo* (Pec) (fig. 248), que se inserta por debajo también, en el trocánter menor, pero sus inserciones se extienden a lo largo de la rama media de trifurcación de la línea áspera, que es la que le continúa y que por estos motivos recibe el nombre de *cresta pectínea;* desde aquí el pectíneo asciende para terminar en la *superficie pectínea* (SPec) (fig. 230) existente entre la eminencia ileopectínea (EIp) y la espina del pubis (EPu). Notemos estos tres músculos, por arriba relacionados con una serie de dependencias fibrosas, a saber: la *cinta iliopectínea* (cIp) (fig. 249), que desde la espina iliaca anterosuperior llega a la eminencia ileopectínea, encajando así al músculo psoasiliaco en sus escotaduras óseas correspondientes. Tenemos el llamado *ligamento de la ingle* (Ingle), que desde la espina iliaca anterosuperior llega a la espina del pubis, expansionándose también sobre el pectíneo, formando aquí el llamado *ligamento falciforme* (Fal) o también ligamento de GIMBERNAT. Notemos que entre estas formaciones se encuentra el llamado *anillo crural.*

→

FIG. 248. — Sistema neuromuscular del crural (nCr), faltando algunos músculos de superficie.

FIG. 249. — El mismo sistema neuromuscular del crural (nCr) de la figura anterior, completado al añadirse el recto anterior y el sartorio.

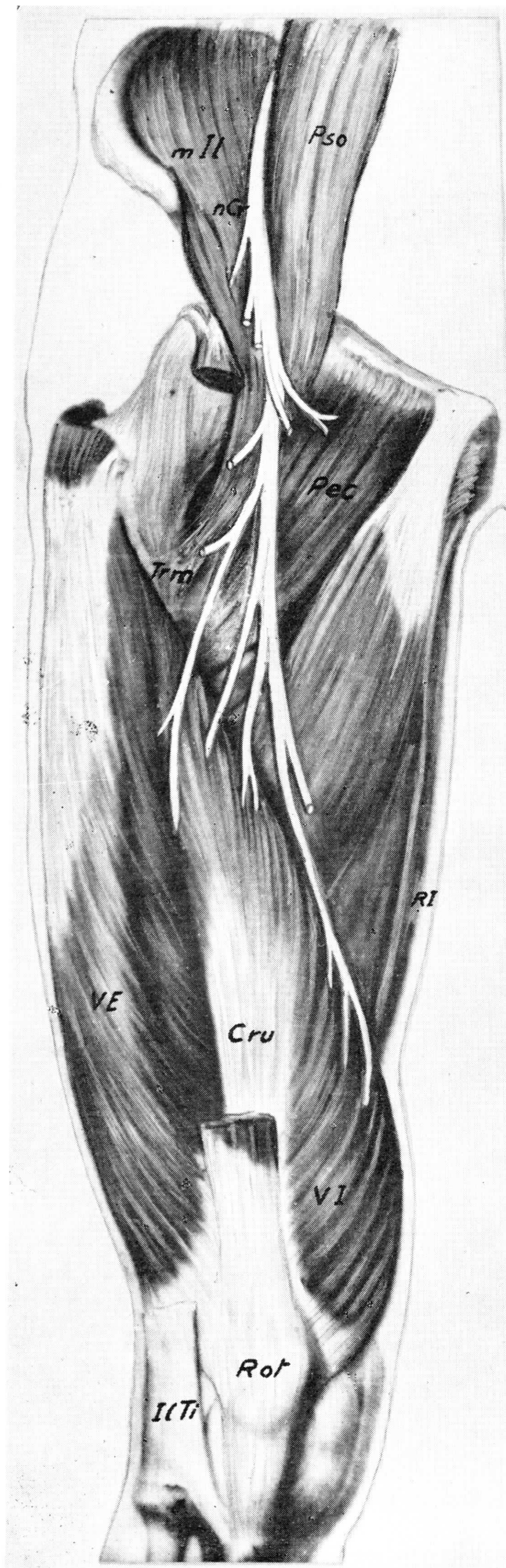


FIG. 248

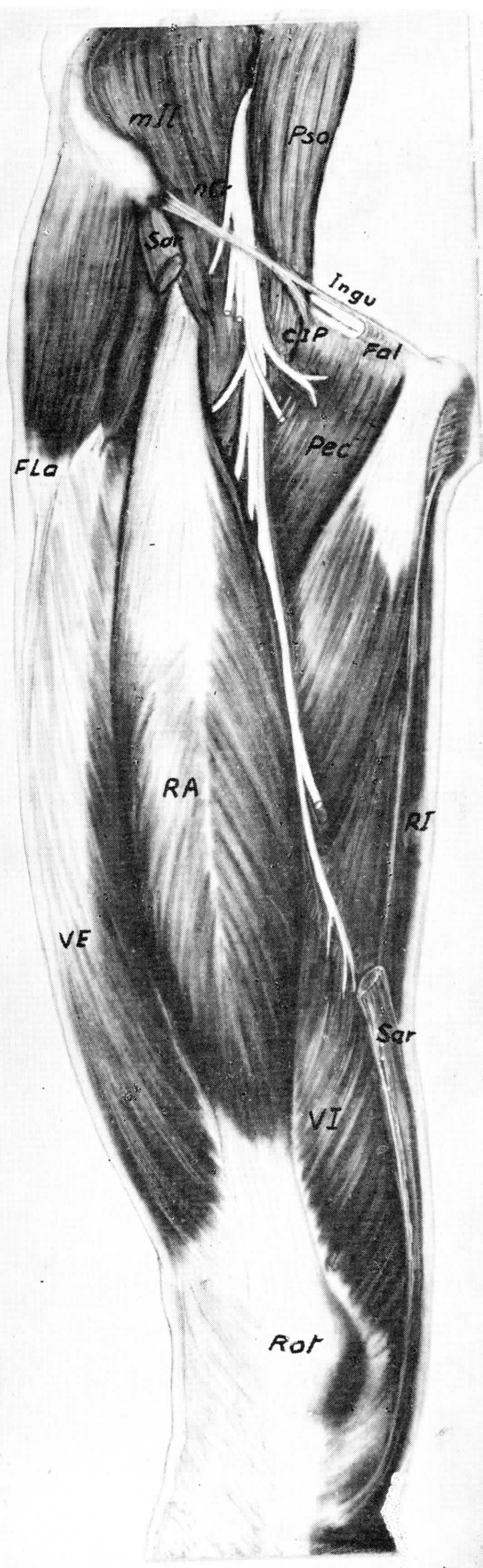


FIG. 249

El anillo crural, que comunica el interior del vientre con las formaciones del muslo, limita pues, por arriba, con el ligamento de la ingle; por fuera, con la cintilla iliopectínea; por dentro, con el ligamento falciforme, y por abajo, con la eminencia iliopectínea. Por este anillo pasan vasos normalmente; además, se escapan dependencias de vísceras interiores formando hernia. Se trata de

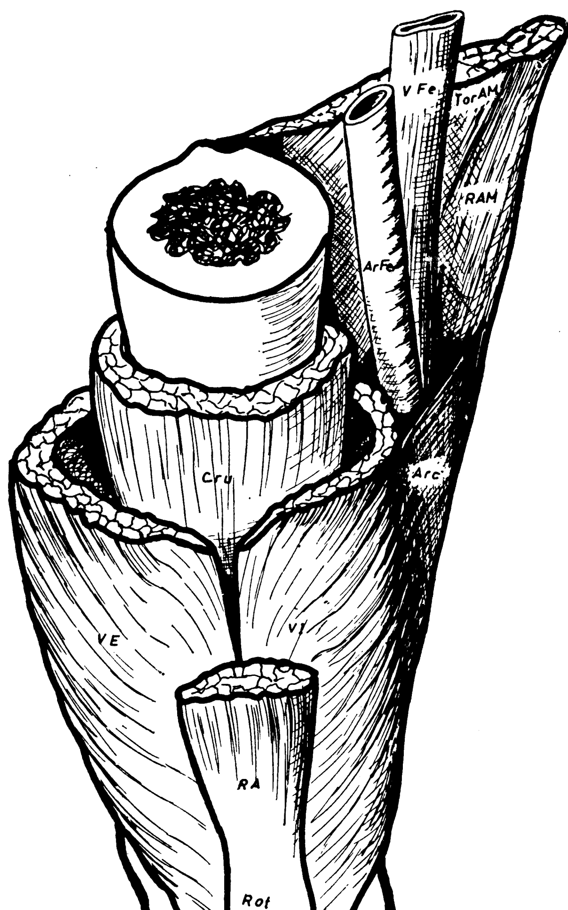


FIG. 250. — Representación esquemática del paso de los vasos a través del anillo del gran aproximador. Nótense los músculos aproximadores, especialmente el fascículo torcido del gran aproximador (TorAM) y el fascículo recto (RAM), entre los cuales deberá pasar la arteria femoral (ArtFe) y la vena femoral (VFe). Obsérvese que el vasto interno del cuadríceps (VI) envía unas fibras llamadas arciformes (Arc) al fascículo recto del gran aproximador, fibras que ocultan en la figura la visión del anillo del gran aproximador. Estas fibras *arciformes* forman pared anterior de un verdadero conducto vascular así formado: el *conducto femoropoplíteo* de HUNTER.

la «hernia crural», conocida clínicamente en Patología quirúrgica.

El proceso de flexión de la cadera establecido va acompañado por una fuerte flexión de rodilla, lo que se consigue mediante el músculo *sartorio* (Sar), que se inserta por debajo en la tuberosidad interna de la tibia, lo mismo que el recto interno (RI); sin embargo, el sartorio se dirige hacia arriba y hacia afuera en busca de la espina iliaca anterosuperior, con lo cual la acción flexora que ejerce en la rodilla irá acompañada de una separación de la misma.

Los procesos flexores realizados van seguidos de otro acto diferente, que consiste en la EXTENSIÓN DE LA RODILLA; entonces, al extenderse la extremidad inferior, ésta pesa, tomando apoyo en el suelo e influyendo en el avance del cuerpo. La extensión de la rodilla se realiza por la acción del *músculo cuadríceps*. Éste consta de cuatro vientres que se insertan juntos en un tendón, fijo en la tuberosidad anterior de la tibia. Este *tendón del cuadríceps*, también llamado *rotuliano* por tener engastada la rótula en su espesor (Rot), se continúa con el *músculo crural* (Cru), el *vasto interno* (VI), el *vasto externo* (VE) y el *recto anterior* (RA). El crural se extiende por la cara anterior y externa del fémur, sin llegar a su máxima altura. El vasto interno se extiende por la cara interna del fémur, llegando hasta la línea áspera y, por lo tanto, hasta su rama interna de trifurcación. El vasto externo sigue ascendiendo por la cara externa del fémur, alcanzando la línea áspera y por arriba llega a toda su rama externa de trifurcación y, en consecuencia, a la línea oblicua del trocánter, por cuyo motivo coincide en sus inserciones, aquí, con las del glúteo mayor. El recto anterior, en fin, ocupando el plano más superficial, asciende en busca de inserciones en la pelvis, pues dicho vientre, además de extender la rodilla, participa en la flexión de la cadera; las inserciones pelvianas que alcanza corresponden a la espina iliaca anteroinferior, principalmente. Así constituido el cuadríceps, queda encerrado exteriormente en una vaina fibrosa llamada *fascia lata*. Esta fascia está tensada hacia arriba merced

al músculo tensor de la fascia lata, ya estudiado a propósito del sistema neuromuscular enderezador del ciático.

Todos estos grupos musculares están inervados por el CRURAL (nCr), que se origina junto con el nervio obturatriz de la segunda, tercera y cuarta raíz lumbar (L2, L3, L4) (figura 251). Notemos que el nervio crural (nCr) y el obturatriz (nOb) se van separando conforme descienden, encontrándose cubiertos en su origen por el músculo psoas; más abajo, sin embargo, ambos nervios se hacen ostensibles a uno y otro lado del psoas (figuras 248 y 249). El nervio crural sale al muslo con el psoas y, por lo tanto, abrazado por la cinta iliopectínea (cIp). Este nervio no tiene, pues, nada que ver con el agujero crural destinado exclusivamente para los grandes vasos. Al aparecer en el muslo, el crural emite en seguida ramas diversas para el músculo sartorio en toda su longitud y, además, una ramita para el pectíneo. Por último, envía ramos motores terminales a cada uno de los vientres del cuadríceps, constituyendo así el «manojo nervioso del cuadríceps».

Vemos, pues, que la MARCHA ofrece varias fases, conociendo ya las dos primeras: la PRIMERA FASE, en la que pierde el apoyo la extremidad que inicia la marcha, para lo cual se aproxima y adquiere un matiz flexor cada vez más acusado, gracias a la acción del sistema neuromuscular del *obturatriz;* la SEGUNDA FASE ofrece una intensa *flexión,* tanto de la cadera como de la rodilla, pero en seguida la flexión de la rodilla se cambia en *extensión* por acción del cuadríceps, correspondiendo todo al sistema neuromuscular CRURAL. En consecuencia, la extremidad consigue un nuevo apoyo, estableciéndose un avance.

Existe una TERCERA FASE, en la que la extremidad que acaba de apoyar recibe un impulso de la otra extremidad que va a perder el apoyo, impulso de la punta del pie, merced a la acción del *tríceps sural sobre el talón,* todo lo cual está encomendado al nervio *ciático poplíteo interno.* Existe, en fin, una CUARTA FASE, en que la extremidad que impulsa y deja de apoyar es impulsada a su vez delante para iniciar la primera fase de la marcha en este lado. Sin embargo, en este impulso hacia delante hace falta la acción del sistema *neuromuscular ciático poplíteo*



FIG. 251. — Representación esquemática del plexo lumbar y del plexo lumbosacro a base de las distintas raíces raquídeas y de los grandes troncos nerviosos a que dan lugar.

externo para que se eleve la punta del pie y no arrastre.

Notemos, pues, que la marcha puede ser considerada en cuatro fases: la primera corresponde al obturatriz; la segunda, al crural; la tercera, al ciático poplíteo interno; la cuarta, al ciático poplíteo externo.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Sistemas neuromusculares de la fase flexora o segunda fase de la marcha = Sistema neuromuscular crural: Psoas iliaco. Pectíneo. Músculo cuadríceps: vasto interno, crural, vasto externo, recto anterior. Sartorio. Manojo nervioso del cuadríceps. *Anillo crural:* Pliegue inguinal o ligamento de FALOPIO. Cinta iliopectínica. Ligamento falciforme o de GIMBERNAT.

CAPÍTULO 41

RIEGO ARTERIAL DE LA EXTREMIDAD INFERIOR. PARTE PROXIMAL. ARTERIA OBTURATRIZ. FEMORAL. GLÚTEAS Y PERFORANTES

ARTERIAS EN LA EXTREMIDAD INFERIOR

El riego arterial de la extremidad inferior se inicia al esbozarse el miembro (fig. 252), emergiendo ramillas del sistema aórtico (Aor) y de su continuación, que es la umbilical (Um). Estas ramillas se convierten en dos arterias: una de «emergencia rostral» (R) y la otra de «emergencia caudal» (C). Más tarde, cuando la extremidad ha evolucionado en su desarrollo, las arterias que la nutren, de emergencia rostral y caudal, sufren algunas variaciones a base de hipertrofias, atrofias y anastomosis, buscando siempre la forma más sencilla de establecer la nutrición. Así, notemos que las arterias de emergencia rostral se desarrollan más, por ofrecer esta situación más fácilmente el riego en la raíz del miembro (fig. 253). Al llegar a la rodilla resulta más práctico para la distribución el esquivar el saliente de esta articulación, con lo cual la arteria de emergencia rostral realiza una anastomosis de ahorro que desvía el camino caudalmente, constituyendo un gran tronco llamado femoral (F) y poplíteo (P) (fig. 254). Con esto resulta una «distribución arterial del miembro por encima de las anastomosis» de la rodilla o zona proximal del miembro y una «distribución arterial del miembro desde dicha anastomosis hasta su parte distal».

Las ARTERIAS DE LA ZONA PROXIMAL DEL MIEMBRO proceden del sistema aórtico y umbilical, que es su continuación embriológica. En el adulto notemos que este

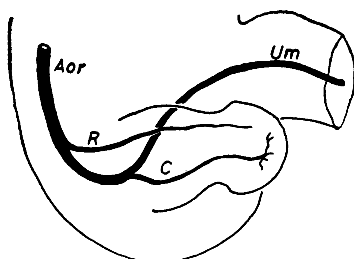


FIG. 252

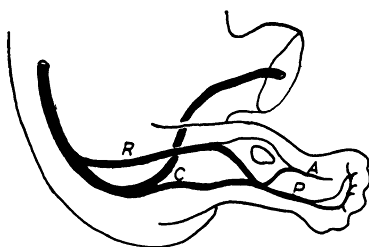


FIG. 253

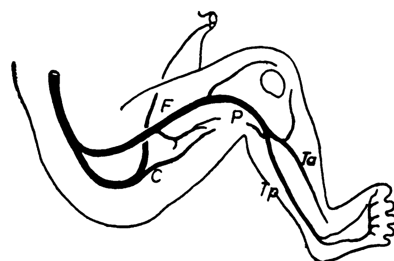


FIG. 254

FIG. 252. — Representación esquemática del desarrollo arterial de la extremidad inferior a expensas del tronco aórtico (Aor) y umbilical (Um).

FIG. 253. — Continuando el desarrollo arterial de la extremidad inferior, nótense las anastomosis a nivel de la rodilla.

FIG. 254. — El desarrollo arterial de la extremidad inferior con un aspecto parecido al estado adulto.

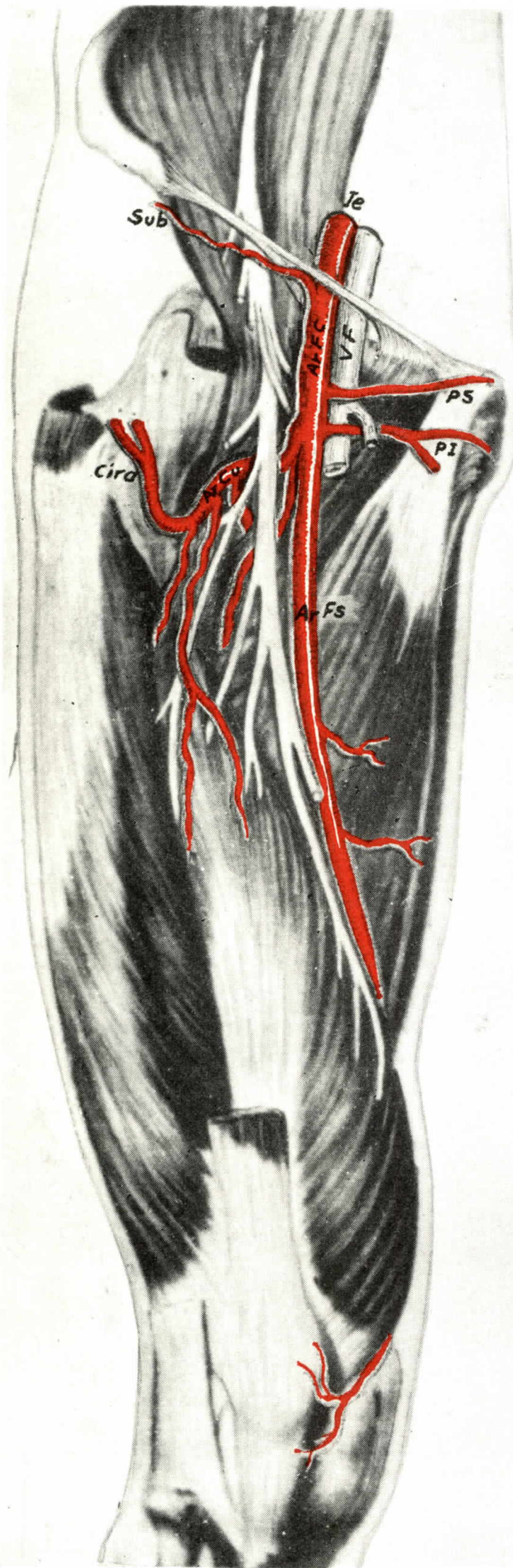


FIG. 255. — Arteria femoral y su sistema de distribución.

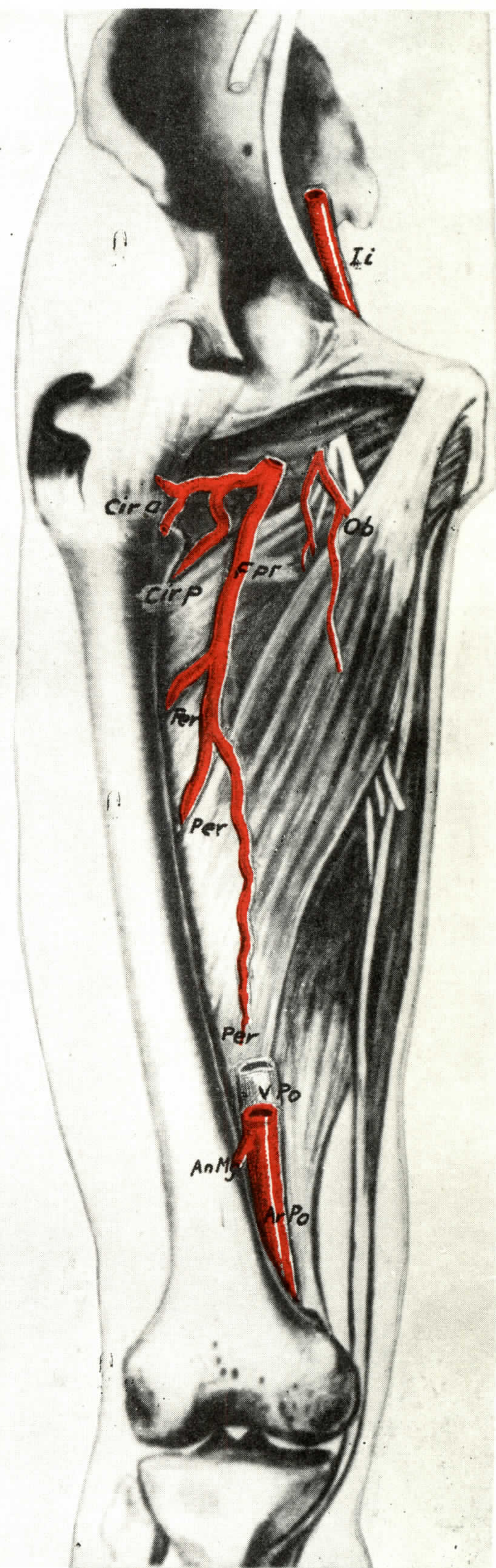


FIG. 256. — Distribución profunda de la arteria femoral.

sistema recibe el nombre de *iliaco*, el cual deberá ser estudiado en otro momento, pero ahora debemos de señalar partes constituyentes, como la arteria *iliaca primitiva*, la *iliaca externa* (Ie) (fig. 255), representante de la arteria de emergencia rostral del miembro; también está la *iliaca interna* (Ii) (figura 256), arteria difícil de definir en este momento, pero que corresponde a la primitiva umbilical, a las arterias de emergencia caudal del miembro y a otra arteria de nueva formación, llamada obturatriz, por la que debemos de empezar.

Arterias de nueva formación = arteria obturatriz. Ésta sale de la iliaca interna acompañando al nervio obturatriz (fig. 256) y, por lo tanto, perforando el agujero isquiopubiano, nutriendo ligeramente la masa muscular aproximadora cercana al agujero obturatriz. Esta arteria (Ob), satélite del nervio obturatriz, tiene muy escaso desarrollo, lo que justifica la persistencia y el mayor desarrollo de las referidas arterias de emergencia rostral y de emergencia caudal.

Arterias de emergencia rostral

Se trata de la *femoral* llamada común (ArFÇ) (fig. 255), siendo continuación de la iliaca externa (Ie) en el momento en que atraviesa el anillo crural. Entonces la arteria se dirige recta y vertical hacia abajo, apuntando al anillo del gran aproximador, para convertirse entonces en *arteria poplítea* (ArPO) (fig. 256), que es aquella anastomosis de ahorro que desarrolla detrás de la rodilla, acortando así el camino de la corriente. Durante este trayecto, la arteria envía muchas ramas nutricias y a este fin sale la llamada *femoral profunda* (Fpr), que desciende profundamente entre los músculos aproximadores, quedando cubierta por el aproximador menor, juntamente con el mediano y quedando detrás de ella el fascículo torcido del gran aproximador, al que perfora por *tres*

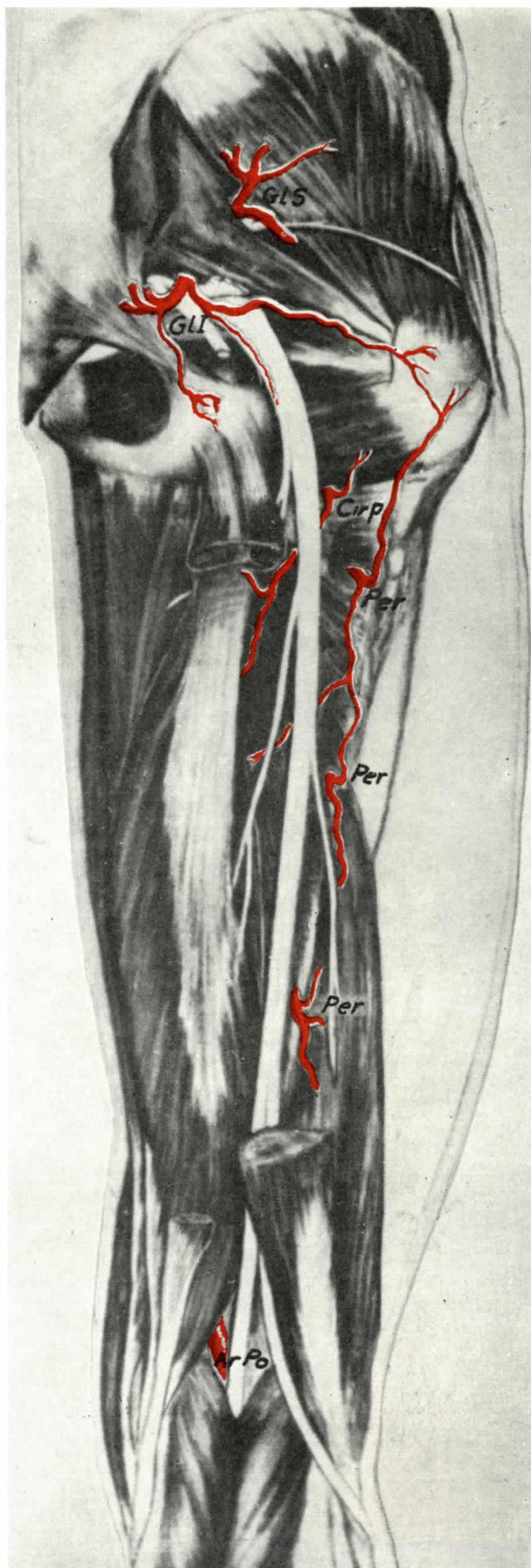


FIG. 257. — Arterias de la nalga y de la región posterior del muslo.

perforantes (Per), para alcanzar así el panorama posterior del muslo, cuya irrigación arterial primitiva correspondía a las arterias embrionarias de tipo caudal, que tienden a atrofiarse. La femoral profunda riega, pues, los músculos aproximadores y se agota en las arterias perforantes. Además, emite antes las llamadas arterias *circunflejas*, distinguiendo la *circunfleja femoral anterior o externa* (CirA) y la *posterior o interna* (CirP), las cuales marginan el cuello quirúrgico, dando ramas nutricias para las musculaturas que atraviesan, notando a este propósito que la circunfleja posterior pasa entre el psoas iliaco y el pectíneo. Existe, como rama de la femoral profunda también, la *arteria nutricia del cuadríceps* (ArCu) (figura 255), dispuesta en un manojo de ramas para nutrir cada uno de los vientres del músculo de este nombre.

La arteria femoral propiamente dicha, después de haber dado la femoral profunda, sigue su trayecto verticalmente descendente, llamado *femoral superficial* (ArFs), para constituir la *poplítea* (ArPo) (fig. 256) después, desapareciendo entonces por el anillo del gran aproximador. Momentos antes de meterse por el anillo, emite una arteria de superficie que representa el trayecto rostral primitivo y que en el adulto queda como anastomosis, recibiendo el nombre de arteria *anastomótica magna* (AnMa) (figs. 255 y 256), porque conserva continuidad del sistema arterial distal por su parte anterior.

Todo el tronco de la arteria femoral forma, pues, un eje vertical, del que salen nutricias musculares. Además existen otras nutricias que emergen a la superficie, lo cual se consigue a nivel de la raíz del miembro, donde la arteria está tapada por una débil fascia acribillada de orificios: la llamada *fascia cribiformis*. Pues bien, las ramas de la femoral a este nivel atraviesan la fascia cribiformis. Unas son las llamadas arterias *pudendas*, que se distribuyen por los genitales externos, distinguiendo la llamada *pudenda subcutánea superior* (PS) y *pudenda subcutánea inferior* (PI) (fig. 256). Otras ascienden bajo la piel del vientre, llamándose *subcutáneas abdominales*. Otras, en fin, ascienden reflejándose por el contorno iliaco, llamándose arterias *subcutáneas circunflejas iliacas* (Sub).

Arterias de emergencia caudal

Todas ellas son ramas de la iliaca interna que resultó de la primitiva umbilical. Las ramas de emergencia caudal deben de empezar a ser estudiadas al aparecer en el plano posterior del miembro acompañando a los sistemas neuromusculares (fig. 257). A este propósito, tenemos la arteria *glútea superior* (GlS), que acompaña al nervio glúteo superior, saliendo, por lo tanto, por encima del músculo piramidal (Pir) y distribuyéndose por los músculos glúteos mediano y menor. Tenemos también la arteria *glútea inferior* (GlI), también llamada *isquiática*, que acompaña al nervio glúteo mayor, distribuyéndose por toda esta zona, una vez que salió por debajo del músculo piramidal. Estas arterias no llegan muy abajo en el adulto; por eso, las arterias del panorama anterior perforaron en este plano y suplieron la circulación atrófica. A este propósito vemos la *perforante superior, media e inferior* (Per) de la femoral profunda, que se van a distribuir por las musculaturas enderezadoras del muslo. Vemos también la *arteria circunfleja posterior o interna* (CirP), que va a establecer anastomosis entre las redes perforantes y las glúteas.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ARTERIAS DE LA EXTREMIDAD INFERIOR. ARTERIAS DE LA ZONA PROXIMAL: *Arteria obturatriz. Arteria femoral:* Arteria femoral común. Femoral superficial. Femoral profunda. Circunfleja. Nutricias del cuadríceps. Pudendas. Subcutánea abdominal. *Arterias glúteas y perforantes.*

CAPÍTULO 42

RIEGO DISTAL DEL MIEMBRO INFERIOR. ARTERIA POPLÍTEA. TIBIALES. PEDIA Y PLANTARES

Las ARTERIAS DEL MIEMBRO EN SU PARTE DISTAL comienzan en la región de la rodilla, aconteciendo durante el desarrollo una serie de transformaciones de aquel riego arterial primitivo, que consisten fundamentalmente en una derivación anastomótica de la corriente mediante la llamada arteria *poplítea,* que salva la parte culminante de la rodilla al escaparse por su flexura y, por lo tanto, al anastomosarse con las arterias del plano posterior. Así ahorra trayecto innecesario. Las arterias del plano anterior, sin embargo, aunque de pequeño calibre, continúan funcionando como anastomosis en el adulto que conservan el primitivo trayecto. Por estos motivos, las arterias de la parte distal del miembro comienzan a nivel de la poplítea y se distribuyen por el mismo camino anterior y posterior, como hacían al principio del desarrollo embrionario.

El substrato óseo y el neuromuscular de cada zona por donde las arterias se distribuyen, debe de analizarse por su panorama anterior y posterior. En el panorama anterior notemos que la parte culminante de la rodilla no puede ofrecer riego a base de grandes troncos, pues la zona está muy al descubierto; más abajo, a nivel del espacio interóseo tibioperoneo, encontramos un lugar apropiado de deslizamiento de arterias que han de llegar al dorso del pie (fig. 259). Respecto del panorama posterior (fig. 258), notemos que detrás de la rodilla el espacio poplíteo que queda es muy apropiado para deslizamiento arterial, ya que se trata de una zona de flexura y, por lo tanto, de protección; lo mismo ocurre más abajo, tras la tibia y el peroné, así como también a nivel de la garganta del pie, que es la parte interna del tobillo, pudiendo razonar igual a nivel de la planta del pie. Además, tanto el riego del panorama anterior como el del posterior, proceden de la poplítea. Por todos estos motivos, precisaremos el riego en dos partes, empezando por la poplítea.

Arteria poplítea (ArPo) (fig. 258). Ésta desciende desde el anillo del gran aproximador (Ani) hasta el anillo del sóleo, dando ramas *articulares medias* (am) que se introducen en la articulación por el espacio intercondíleo, existiendo también *arterias articulares superiores* (as) e *inferiores* (ai), que abrazando la articulación confluyen hacia delante (fig. 259) para formar un «círculo arterial perirrotuliano» de anastomosis. La poplítea también da ramas musculares, entre las que debemos citar las *gemelas* principalmente. La poplítea ha caminado siempre por dentro del nervio ciático poplíteo interno; al llegar al anillo del sóleo se convierte en *tibial posterior.*

Arteria tibial posterior. Ésta continúa descendiendo (TiP) satélite del nervio tibial posterior, pero conservando la posición in-



FIG. 258 FIG. 259

terna que tenía en un principio. Al llegar a la planta del pie emite arterias *plantares externa e interna* (Ple y Pli), satélites de sus nervios respectivos. La tibial posterior, a poco de constituirse, da lugar a la arteria *tibial anterior* (TiA), que perfora el espacio interóseo para integrar la circulación anterior de la pierna; un poco más abajo da lugar a la arteria *peronea* (Per) (fig. 258), que nutre al músculo flexor del dedo gordo, que se encuentra alejado del tronco arterial principal y después aparece más abajo (Per) (figura 258). Aquí una ramilla de la peronea perfora el ligamento interóseo, pasando al plano anterior, constituyendo la llamada arteria *premaleolar externa* (Per) (fig. 259). Más abajo, en fin (fig. 258), la arteria tibial posterior va a constituir las *arterias plantares.*

Arterias plantares. Éstas se inician en la tibial posterior, a nivel de la garganta del pie, siendo satélites de sus nervios plantares respectivos. La *plantar externa* (Ple) (figura 261) es la de mayor desarrollo, notando su avance junto con el nervio plantar externo y formando arco (ArcP) (fig. 260) a nivel de los metatarsianos. Esta arteria plantar externa se profundiza mucho a nivel de dicho *arco plantar,* el cual acaba por perforar el primer espacio interóseo (X) haciéndolo dorsal, para establecer aquí anastomosis con la red arterial anterior. Del arco plantar salen cuatro *arterias interóseas* que nutrirán a los dedos, para lo cual dichas interóseas se dividen al llegar a los espacios interdigitales en dos *colaterales* para cada dedo, teniendo en cuenta que la colateral interna del dedo gordo saldrá de su interósea correspondiente y que la colateral externa del quinto dedo puede hacer lo mismo o bien salir del arco plantar directamente. La división de cada interósea en digitales forma el llamado *nudo arterial interdigital.* La arteria plantar interna, siempre satélite de su nervio correspondiente, puede llegar a anastomosarse con la

FIG. 258. — Arterias de la región posterior del miembro en su parte distal: ramas de distribución a partir de la poplítea.

FIG. 259. — Sistema arterial tibial anterior.

colateral interna del dedo gordo y no suele tener distribución de importancia en su recorrido.

Arteria tibial anterior. Esta arteria (TiA), rama de la tibial posterior a nivel del anillo del sóleo (fig. 258), atraviesa el espacio interóseo y aparece en el plano anterior (Tia) (fig. 218), originando un trayecto descendente. El nervio que podría corresponderle, que es el ciático poplíteo externo (CPE), pasa por fuera del cuello del peroné y está, por lo tanto, más sometido a traumatismos que la arteria. Antes de empezar a descender, la arteria tibial emite la llamada *arteria recurrente tibial anterior* (RT), que va a anastomosarse con el círculo arterial perirrotuliano y, a su vez, con la anastomótica magna (An Mg), completando así una conexión que deriva la circulación de los grandes troncos arteriales que están detrás de la rodilla, que



FIG. 260. — Arco arterial plantar profundo.

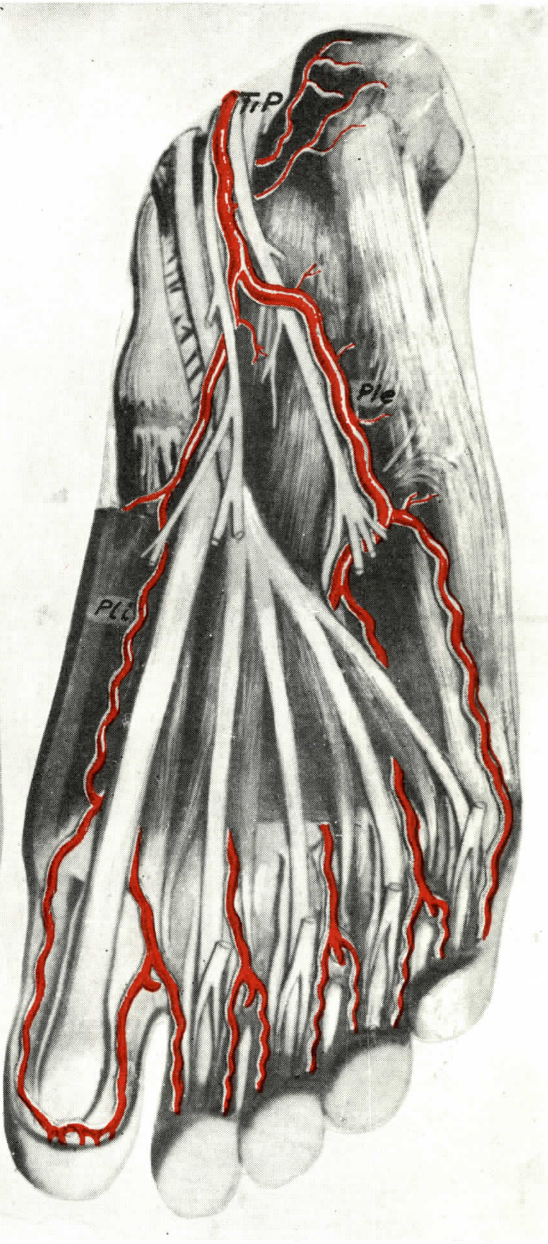


FIG. 261. — Arterias plantares y su distribución.

en el período embrionario está representada ya. La tibial anterior, al llegar al tobillo, se llama *pedia* (Ped), la cual desciende, siempre pegada al hueso, hasta alcanzar el primer espacio interóseo, donde se anastomosará (X) con el arco plantar. La arteria tibial anterior y la pedia emiten ramos nutricios para todas las musculaturas que las cubren. La pedia, además, tiene que emitir ramos de distribución por el dorso del pie hacia los dedos, lo cual consigue mediante la llamada *arteria transversa del metatarso.*

La *arteria transversa del metatarso* tiene un origen variable según la dinámica del pie en cada individuo. Los individuos que adoptan con gran frecuencia la estática, muestran más facilidad de riego por la parte dorsal que por la parte plantar, por cuyo motivo la plantar externa recibirá mucho aporte sanguíneo de la pedia. Los individuos que no suelen adoptar la estática, deben de mostrar una circulación plantar derivada de la tibial posterior. Estas circunstancias, llevadas al terreno de la patología, conducen a considerar el «pie plano», en el cual se ha derrumbado la bóveda plantar y hay dificultad de circulación plantar por vía de la tibial posterior. Unas y otras circunstancias nos hacen ver que la circulación por la arteria pedia debe de ser descendente cuando la planta del pie tiene obstáculo de riego y, en cambio, tiende a hacerse algo ascendente cuando la planta del pie no ofrece obstáculos a la circulación desde la tibial posterior. De aquí que cuando hay dominio permanente de la circulación pedia descendente, la arteria transversa se formará angularmente de arriba abajo; en cambio, cuando la circulación pedia sea más bien ascendente, la transversa nacerá casi en el espacio interóseo de la perforación, pero formando ángulo hacia arriba. Dispuesta la transversa del tarso, bien angularmente descendente o ascendente, salen de ella redes arteriales finas para distribuirse por el dorso metatarsiano del pie Los dedos también ofrecen en su dorso una distribución arterial fina, pero derivada más bien del nudo arterial interdigital al que nos hemos referido con anterioridad.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ARTERIAS DE LA ZONA DISTAL DE LA EXTREMIDAD INFERIOR. *Arteria poplítea.* Arterias gemelas. Arterias articulares de la rodilla. *Arteria tibial posterior.* Arterias plantares. *Arteria tibial anterior.* Arteria pedia. Arteria peronea. Arterias digitales.

CAPÍTULO 43

CIRCULACIÓN DE RETORNO DE LA EXTREMIDAD INFERIOR: VENAS Y LINFÁTICOS. SENSIBILIDAD

Las venas y linfáticos forman redes de circulación de retorno: unas acompañan a las arterias y forman *redes venosas* y *linfáticas profundas;* otras caminan en superficie bajo la piel, formando *vasos venosos y linfáticos superficiales*, que permiten una corriente más fácil aprovechando la escasa presión del tejido grasiento subcutáneo. Estas redes venosas y linfáticas caminan con los *nervios sensibles* bajo la piel. Estudiemos separadamente todas las funciones indicadas, empezando por los nervios sensibles, que son los que mejor referencia ofrecen.

NERVIOS SENSIBLES. Éstos se distribuyen con arreglo a un criterio metamérico. A este fin, la metamería cutánea estudiada en Embriología debe de ser recordada ahora (figs. 264 y 265) para que sirva de referencia. El segundo somita lumbar (2l) se distribuye por el territorio de piel que corresponde a la región aproximadora del muslo. El tercer somita lumbar (3l) se distribuye por una franja que tiene su terminación en la eminencia de la rodilla. El cuarto somita lumbar (4l) se distribuye por una faja de piel que tiene su máxima expansión y terminación en el maléolo interno. El quinto somita lumbar (5l) forma una zona de distribución que alcanza al dedo gordo del pie. El primer somita sacro (1s) forma un área de distribución final hasta los cuatro últimos dedos, abarcando por lo tanto casi todo el pie con el talón y la cara posterior de la pierna. El segundo somita sacro (2s) alcanza toda la piel posterior del muslo. El tercer somita sacro (3s) alcanza toda la piel de la nalga.

Notemos, pues, que la extremidad inferior en la posición embriológica se recompone de fajas horizontales de distribución metamérica, unas debajo de otras. Que estas fajas están muy bien representadas en la parte distal del miembro, pero se borran en la zona de tránsito, conservándose proximalmente la raíz nerviosa raquídea como representante del punto de origen. Que a dicha raíz nerviosa raquídea ha de ir a terminar la sensibilidad de cada metámero, y que el camino por donde llegue a esta raíz nerviosa depende de las circunstancias anatómicas que constituyen los ramos nerviosos intermedios. En realidad, hay una raíz nerviosa dominante para cada metámero, si bien hay que admitir una cierta compenetración de los territorios metaméricos contiguos.

En estado adulto, la metamería es igual que en el estado embrionario. Sin embargo, la posición erecta del miembro en el adulto dificulta un tanto el reconocimiento y delimitación de los territorios metaméricos (figura 262 y 263). A este propósito, veamos los territorios de distribución o metámeros sensibles en el adulto:

El TERCER TERRITORIO SACROCUTÁNEO (figura 263) canaliza su sensibilidad por un

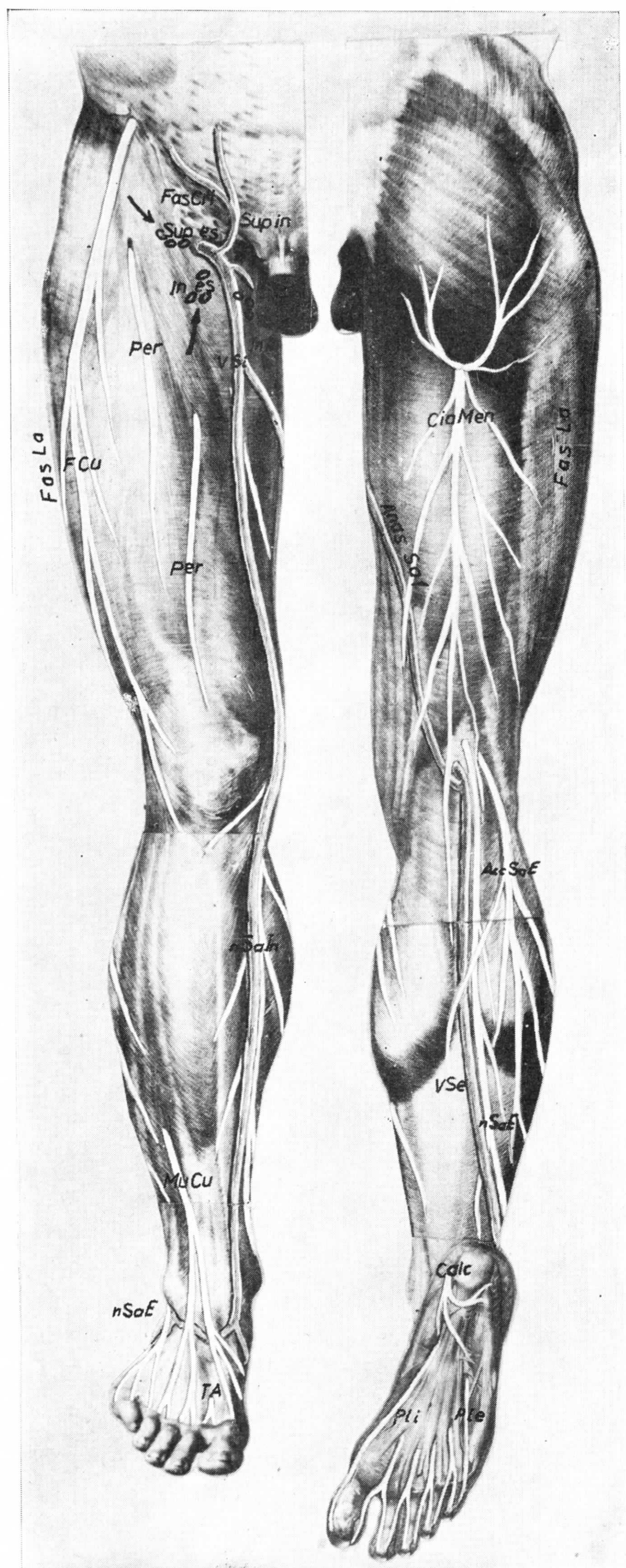


FIG. 262 FIG. 263

nervio cutáneo de la nalga, que debe ir a terminar, como es lógico, a la tercera raíz sacra. El SEGUNDO TERRITORIO SACROCUTÁNEO conduce sensibilidad por un *nervio cutáneo superior del muslo*, que debe de ascender hasta la segunda raíz sacra. Además, el nervio cutáneo de la nalga se une al cutáneo del muslo, y también al nervio motor glúteo inferior, para constituir el llamado *nervio ciático menor* (Cia Men) (fig. 263). El PRIMER TERRITORIO SACROCUTÁNEO canaliza su sensibilidad fundamentalmente por el llamado nervio *safeno externo* (nSaE), el cual, marginando casi el borde externo del pie y el maléolo externo, sigue por detrás de la pierna recogiendo sensibilidades y perforando la región poplítea para unirse a un ciático poplíteo, que casi siempre es el ciático poplíteo interno. Advirtamos además un *nervio safeno externo accesorio* (AccSaE) (fig. 263). El resto del metámero tiene que conducir la sensibilidad por el *nervio calcáneo cutáneo* (Calc c), por el *plantar externo* (Ple) y por el *plantar interno* (Pli), nervios todos que abordarán los troncos motores que hay en profundidad para aprovechar el camino que éstos, accidentalmente, les ofrecen en su trayecto ascendente, para llevar la sensibilidad a la primera raíz sacra, que es la que corresponde. Sin embargo, debemos de advertir que el nervio plantar cutáneo interno, por acarrear un poco de sensibilidad del quinto metámero lumbar, también ha de llevar fibras a la quinta raíz lumbar. El mismo metámero primero sacro al que nos referimos, visto por el dorso, tiene que acarrear su sensibilidad por nuevos nervios, pues ni el nervio safeno externo ni su accesorio son suficientes. De aquí que se constituya el llamado *músculo cutáneo de la pierna* (MuCu), que coge esta sensibilidad y forma un nervio, que al profundizar encuentra el nervio peroneo motor, que

FIG. 262. — Visión anterior de la extremidad mostrando esquemáticamente la distribución de los nervios sensibles, de las venas de superficie y de los ganglios inguinales.

FIG. 263. — Visión posterior de la extremidad en una representación esquemática análoga a la figura precedente.

circunstancialmente le ofrece su mismo camino. De aquí el nombre de nervio musculocutáneo de la pierna que se da a la reunión de estas fibras sensibles y del nervio peróneo motor, ya indicado. Notemos que estas fibras sensibles del nervio musculocutáneo han invadido un poco el QUINTO METÁMERO LUMBAR, luego también tendrán que terminar además en la quinta raíz lumbar.

El CUARTO METÁMERO LUMBARCUTÁNEO canaliza su sensibilidad por el llamado *nervio safeno interno* (n SaI), el cual se profundiza por dentro de la rodilla, debiendo de alcanzar siempre en profundidad al nervio crural.

El TERCER METÁMERO LUMBARCUTÁNEO canaliza su sensibilidad por el llamado nervio *femoro-cutáneo* (FCu), que aborda independientemente al plexo lumbar.

El SEGUNDO METÁMERO LUMBARCUTÁNEO canaliza su sensibilidad por muchos nervios que, en seguida, perforan para buscar el camino de grandes troncos nerviosos ya existentes. Tal es el caso de los dos *nervios perforantes* (Per) que abocan al crural y a los *pequeños nervios perforantes* que abocan al obturatriz.

VENAS. Considerando la *red profunda* constituida por venas satélites de las arterias (que en el caso de tratarse de pequeños vasos se dispone doblemente a uno y otro lado de la arteria), la *red superficial* venosa empieza en la planta del pie y se impulsa desde allí merced a la presión durante el apoyo, que hace que la sangre ascienda y no refluya porque las venas del miembro inferior poseen válvulas. A este propósito, la *red venosa plantar* refluye dorsalmente y confluye en dos grandes venas, la *safena externa* y la *safena interna*, que son satélites de los dos grandes nervios respectivos. Notemos que la safena externa (v SE) debe de llegar al rombopoplíteo y formar un cayado de abocamiento a la gran vena poplítea, situada entre la arteria poplítea y el nervio ciático poplíteo interno. La vena safena interna (VSI) asciende, siempre en superficie, hasta llegar bajo la ingle, haciéndose entonces profunda, formando un cayado y anastomosándose con la vena femoral situada por dentro de la arteria.

Los LINFÁTICOS llevan elementos de desecho, que circulan en suspensión, acumulándose en gran cantidad porque al ascender en la extremidad inferior tienen que vencer la acción de la gravedad. Por este motivo, los vasos linfáticos necesitan de trecho en trecho estaciones depuradoras a base de *ganglios linfáticos* intercalados en la corriente, ganglios capaces de proporcionar elementos defensivos.

Nos limitamos aquí a considerar la existencia de redes profundas y superficiales y, sobre todo, los grupos ganglionares intercalados. Unos grupos ganglionares son *poplíteos* y se encuentran diseminados en la profundidad del rombo. Otros grupos ganglionares son inguinales, encontrándose dispuestos superficialmente alrededor del cayado de abocamiento de la safena interna y, profundamente, junto al ligamento falciforme del anillo crural. Así resultan, pues, grupos *inguinales superficiales* y *profundos*, respectivamente.

Los grupos ganglionares inguinales superficiales que se sitúan alrededor del cayado de la safena suelen ofrecer cuatro conglomerados: uno superointerno (SupIn) que se hipertrofia cuando hay enfermedad de los órganos genitales externos, que son los que le envían su drenaje. Existen otros conglomerados inguinales superficiales, como el superoexterno (SupEx), que drena de la nalga. En cuanto a los que quedan, como el inferoexterno (EnEx) y el inferointerno (InIn), reciben la linfa a lo largo del miembro.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

VENAS DE LA EXTREMIDAD INFERIOR. Safenas. LINFÁTICOS. Grupos ganglionares poplíteos e inguinales. NERVIO SENSIBLE y su relación metamérica. Nervio ciático menor. Nervios plantares cutáneos. Nervio safeno externo. Nervio safeno externo accesorio. Nervio calcáneo cutáneo. Nervio safeno interno. Nervio musculocutáneo de la pierna. Nervio femorocutáneo. Nervios perforantes.

CAPÍTULO 44

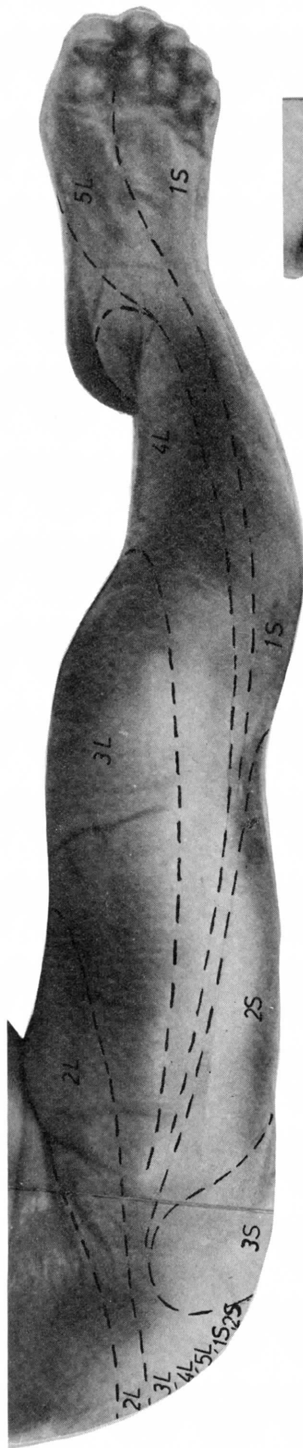
METAMERÍA DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

METAMERÍA DE LOS SISTEMAS NEUROMUSCULARES DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

Se trata de distribuir en segmentos a los sistemas neuromusculares, haciendo que cada segmento dependa de una raíz nerviosa raquídea. La metamería neuromuscular tiene un fundamento en el desarrollo embrionario, ya conocido, y una aplicación clínica para el enfermo que expresa un trastorno nervioso en la extremidad.

El fundamento de la metamería neuromuscular se remonta a las primeras fases de desarrollo, cuando los somitas emigraban (figuras 93 y 95). De ellos el segundo somita lumbar (l 2), tercer lumbar (l 3), lumbar cuarto (l 4), lumbar quinto (l 5), sacro primero (s 1), sacro segundo (s 2) y sacro tercero (s 3), sabemos que van a integrar la extremidad inferior, siendo los somitas que más lejos y más pronto emigran los que integrarán las partes más distales del miembro, pues éstas son las primeras que emergen, empujadas por las que salen después. Esto debe ocurrir así además porque las funciones más distales son las más básicas y precoces, ya que la función de apoyo atribuida al pie y la función de equilibrio atribuida al tobillo y a la pierna se han de empezar a expresar antes que las funciones definitivas de aplomo del miembro, atribuidas a la parte posterior del muslo y nalga, y las de marcha, atribuidas a las zonas de flexión del muslo. A este propósito, notemos, pues, que el quinto somita lumbar y el primer sacro corresponden a la parte más distal, siendo los que inician la diferenciación.

Si ahora la posición fetal de la extremidad inferior a la que nos estamos refiriendo (figuras 93 y 95, y también figs. 264, 265, 266 y 267) la comparamos con la posición de la extremidad de adulto, expresando sus sistemas neuromusculares y, además, tenemos presente las raíces nerviosas raquídeas que participan, desde la segunda raíz lumbar hasta la tercera sacra (constituyendo las tres primeras el plexo lumbar, y las cuatro últimas el plexo lumbosacro), estaremos en condiciones de proceder al estudio que nos proponemos. El PLEXO LUMBAR recordemos que estaba constituido por las ramas segunda, tercera y cuarta lumbares, dando lugar al *nervio obturatriz* (fig. 246), que se distribuye por las musculaturas aproximadoras, y al *nervio crural* (fig. 248), que se distribuye por las musculaturas flexoras de la marcha (psoas iliaco, pectíneo, cuadríceps y sartorio). El plexo LUMBOSACRO, recordemos que, constituido por la quinta raíz lumbar y las tres primeras sacras, y además añadiendo una anastomosis que viene de la cuarta lumbar, da lugar al *nervio ciático* (fig. 243), que más abajo se dividirá en el *ciático poplíteo interno* (fig. 236) y el *externo* (fig. 239), que inervarán toda la musculatura del pie y de la pierna, no debiendo de olvidarnos de las ramas del ciático que inervan los músculos aplomadores del muslo y de la nalga, mediante los nervios *glúteo superior* y *glúteo inferior*.



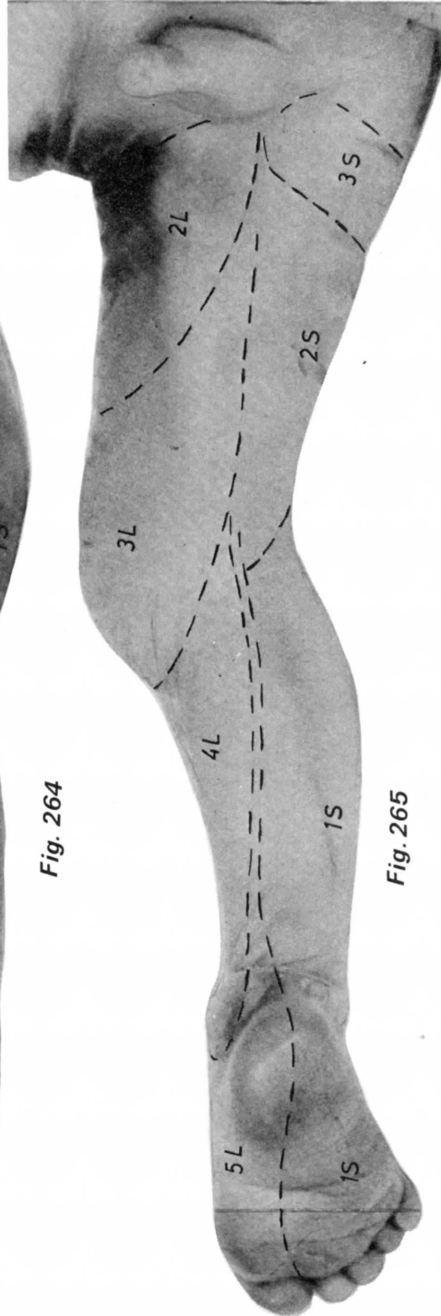


FIG. 264. — Visión anterior de la extremidad inferior en posición fetal, mostrando la metamería cutánea.

FIG. 265. — Visión posterior de la extremidad inferior en posición fetal, mostrando la metamería cutánea.

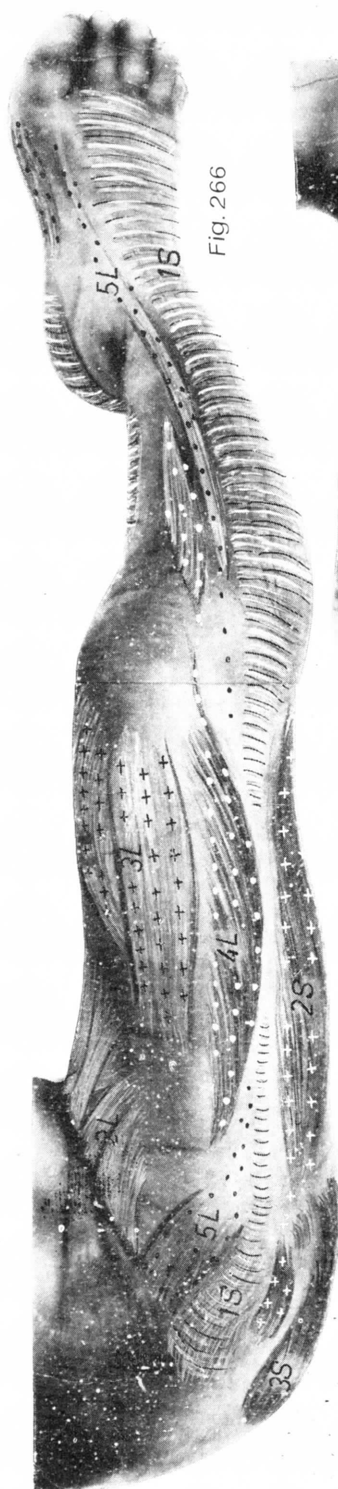


FIG. 266. — Visión anterior de la extremidad inferior en posición fetal, mostrando la metamería muscular.

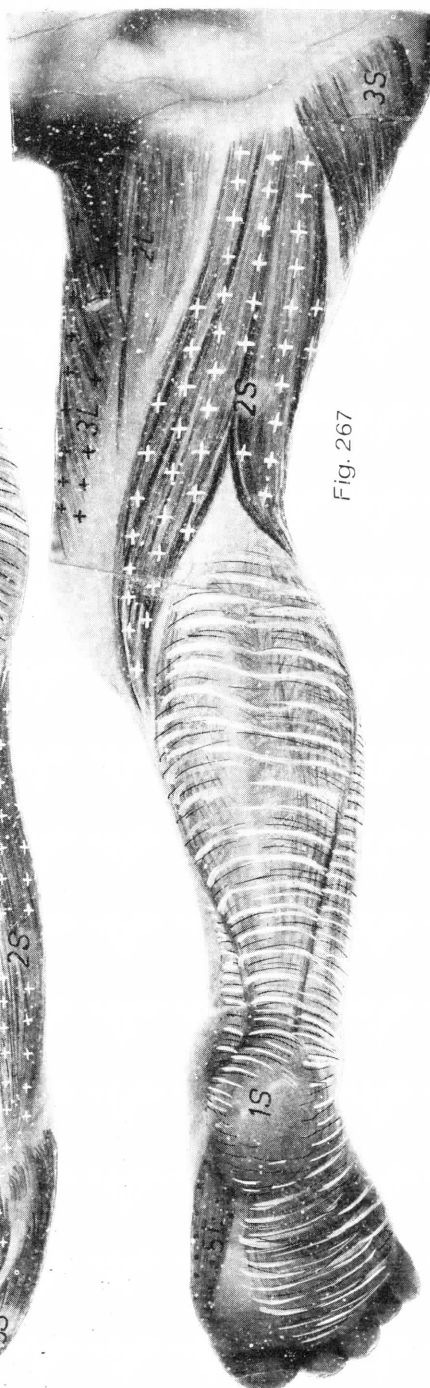


FIG. 267. — Visión posterior de la extremidad inferior en posición fetal, mostrando la metamería muscular.

En estas condiciones, veamos la metamería neuromuscular deducida según las zonas musculares que caen dentro del marco topográfico correspondiente (figs. 266 y 267, comparadas con las figs. 264 y 265).

Segundo metámero lumbar (2L). Corresponde a los músculos aproximadores, mediano, menor, mayor, un poco del pectíneo y del obturador interno, cercanos a sus inserciones isquiopubianas (véase el segmento «2L» sin trazos). La inervación desde la segunda raíz lumbar será por el nervio obturatriz a casi todos los músculos indicados, salvo la pequeña parte del pectíneo, que va a corresponder a una ramita del crural.

Tercer metámero lumbar (3L). Corresponde al vasto interno y al recto anterior del cuadríceps, así como también a la inserción femoral de los aproximadores y pectíneo; igualmente corresponde al psoas. La inervación desde la tercera raíz lumbar sabemos que se hace tanto por el obturatriz como por el crural (véase territorio «3L» con cruces negras).

Cuarto metámero lumbar (4L). Corresponde fundamentalmente al vasto externo, así como al iliaco, añadiendo aquí también la parte superior del tibial anterior (véase territorio «4L» con puntos blancos). El camino de la inervación desde la cuarta raíz lumbar sabemos que se hace por el crural, y por el nervio ciático poplíteo externo para el músculo tibial, merced a las anastomosis que hay entre los grandes plexos.

Quinto metámero lumbar (5L). Corresponde a la parte inferior del tibial anterior y al músculo extensor del dedo gordo; aquí hay que añadir el tensor de la fascia lata, que cae en la misma faja metamérica (véase territorio «5L» con puntos negros). La inervación de estos músculos sabemos que se realiza por el ciático, correspondiendo los primeros al ciático poplíteo externo y el último al nervio glúteo superior.

Primer metámero sacro (1S). Corresponde a toda la musculatura del pie y de la pierna que queda; por lo tanto, en el dorso, al pedio, al extensor común y al peroneo anterior; en la planta y en la región posterior de la pierna, a todos los músculos que integran estas regiones (véase territorio «1S» con estriaciones lineales blanco-negras). A esta zona hay que añadir un músculo de la cadera que cae en el mismo nivel metamérico, que es el glúteo menor. La inervación de este nuevo músculo sabemos que se hace por el ramo glúteo superior; la de los demás músculos en pierna y pie se hace por el ciático poplíteo interno y ciático poplíteo externo.

Segundo metámero sacro (2S). Corresponde a todos los músculos enderezadores del muslo, tanto el bíceps, semitendinoso y semimembranoso, como la porción recta del gran aproximador, correspondiendo el camino de su inervación a ramas del gran ciático (véase territorio «2S» con cruces blancas). A este segmento hay que añadir el glúteo mediano, que recibe la inervación de la segunda sacra por el ramito glúteo superior.

Tercer metámero sacro (3S). Veamos que corresponde al músculo gran glúteo, al que se debe añadir los géminos, obturador interno y cuadrado crural, realizándose la inervación a lo largo del glúteo inferior para el gran glúteo y de pequeñas ramas directas del tronco ciático para los demás músculos.

Todas esas áreas musculares caen exactamente debajo de los segmentos topográficos metaméricos que se podrían trazar sobre la piel de una extremidad adulta colocada en posición fetal. Por esto, la metamería cutánea y la metamería muscular coinciden topográficamente, dependiendo funcionalmente de la raíz raquídea que corresponde. Todo lo cual se advierte en clínica, pues la interrupción de una raíz nerviosa lleva consigo la anestesia y la parálisis de las zonas metaméricas cutánea y muscular correspondientes. La interrupción de una raíz nerviosa raquídea de extremidad inferior en clínica se manifiesta, pues, de diferente manera que si se interrumpiese un nervio definido. Tal es el caso del *obturatriz*, que perturbaría la aproximación en la primera fase de la marcha; del *crural*, que perturbaría la fase flexora de la marcha y el enderezamiento de la rodilla; del *ciático poplíteo interno*, que perturbaría el apoyo del pie con el derrumbamiento de la bóveda plantar y la imposibilidad de dar impulso a la marcha; del *ciático poplíteo*

externo, que perturbaría la fase de la marcha en que se recoge la punta del pie al adelantar el paso y, por lo tanto, en este estado de perturbación, la punta del pie quedaría arrastrando; del *gran ciático* en conjunto, en fin, que perturbaría las funciones últimas indicadas, causando también un profundo trastorno en el aplomo.

CAPÍTULO 45

SÍNTESIS DE LA INERVACIÓN DEL MIEMBRO INFERIOR. CONSIDERACIONES APLICATIVAS

El miembro inferior sirve a la estática y a la deambulación, bien mediante la fijación de las articulaciones o bien mediante la movilización de las mismas, acciones en las que intervienen los músculos impulsados por los nervios motores (= sistemas neuromusculares). Por otra parte, de las zonas cutáneas del miembro inferior parten nervios sensibles (= sistemas dermoneurales), que llevan hacia la médula espinal las «noticias» de los estímulos que el medio externo ejerce sobre el miembro.

El hecho de haber estudiado por separado los sistemas neuromusculares y los sistemas dermoneurales obliga ahora a hacer una síntesis, máxime cuando la mayor parte de los nervios motores y sensibles caminan parejos para formar los grandes troncos de los plexos lumbar y sacro. Por ello, la sección de estos troncos trae como consecuencia la pérdida de la función de uno o varios músculos (= *parálisis*) y la pérdida de la sensibilidad (= *anestesia*) de una zona de la piel.

El PLEXO LUMBAR (fig. 251) está constituido por las ramas anteriores (= presomáticas) de los nervios raquídeos L1, L2, L3 y L4, anastomosadas entre sí. La rama nerviosa L1 interviene poco en la inervación del miembro inferior, pues ella es el origen de los *nervios abdominogenitales* mayor (Ab G M) y menor (Ab G m) que inervan a músculos del abdomen, y en la extremidad inferior no tienen más papel que recoger la sensibilidad de pequeñas áreas cutáneas de la parte alta y anterior del muslo.

El *nervio femorocutáneo* (F Cu), exclusivamente sensible, se incorpora al plexo lumbar (L2) y su sección origina una zona de anestesia en la parte extrema del muslo.

El *nervio genitocrural* (G Cr) se origina también en la raíz L2. En la extremidad inferior recoge tan sólo la sensibilidad de la piel de la zona superointerna de la cara anterior del muslo.

El NERVIO OBTURADOR (n Ob) procede de las ramas anteriores que resultan, a su vez, de la división de las ramas presomáticas L2, L3 y L4.

Es un nervio mixto, cuya parte motora se encarga de inervar a los músculos aproximadores, pectíneo (parcialmente) obturador externo y recto interno (fig. 246). La rama sensible inerva una zona de piel situada en la parte baja e interna del muslo.

La sección del nervio origina una parálisis de los músculos que de él dependen y una zona de anestesia en la región del muslo, más arriba indicada. Ahora bien, el síntoma más importante es la imposibilidad de aproximar el miembro (parálisis de los aproximadores), pues la acción de los otros músculos del sistema neuromuscular del obturador puede ser suplida por la de músculos de otros sistemas neuromusculares.

El NERVIO CRURAL, que procede de las ramas posteriores en que se dividen las ramas presomáticas L2, L3 y L4, es también un nervio mixto (fig. 251) (N Cr).

El nervio crural inerva al pectíneo (este músculo tiene, pues, doble inervación), al psoas-iliaco (flexor del muslo sobre la cadera), al cuadríceps femoral (extensor de la rodilla) y al sartorio (figuras 248 y 249).

Los nervios sensibles que se incorporan al nervio crural son los perforantes (Per) (fig. 262) y el safeno interno (n Sa In) (fig. 262).

Desde su origen, el nervio desciende «emparedado» entre el psoas y el iliaco, para los que da ramas motoras en esta parte alta. Más abajo, el nervio crural llega a la extremidad inferior bajo el ligamento inguinal, por fuera de la cintilla ileopectínea que le separa de la arteria femoral.

A este nivel el nervio se ramifica en sus ramas terminales, que son: 1.ª, el *nervio musculocutáneo externo* (formado por las ramas motoras que inervan al músculo sartorio y las ramas sensibles denominadas primer y segundo perforantes); 2.ª, *ner-*

vio musculocutáneo interno (constituido por las ramas que inervan al músculo pectíneo y una rama sensible que inerva parte de la región anterointerna del muslo); 3.ª, el *nervio del cuadríceps* (para este músculo); 4.ª, *nervio safeno interno* (exclusivamente sensible).

La *sección alta del nervio crural* origina parálisis de todos los músculos inervados por el nervio y zonas de anestesia, que dependen de sus ramas sensibles. Esta sección alta imposibilita para la marcha al miembro inferior afecto (el paciente precisa muletas), pues no puede realizarse la flexión del muslo sobre la cadera, además de la extensión de la rodilla.

La lesión alta es menos frecuente que la sección a nivel del triángulo de SCARPA (frecuente en las heridas por asta de toro), donde los síntomas son los mismos que en la sección alta, con excepción de la parálisis del psoas-iliaco. Por lo tanto, en la *sección baja* el individuo puede flexionar el muslo sobre la cadera, pero no puede extender la rodilla (lo cual también ocurre en la sección alta). La falta de extensión de la rodilla por parálisis del músculo cuadríceps imposibilita la fijación de la articulación de la rodilla y, en consecuencia, cuando el paciente se apoya sobre el miembro afecto cae al suelo sobre la rodilla fuertemente flexionada.

El PLEXO SACRO está constituido por el TRONCO LUMBOSACRO (que a su vez está formado por la rama presomática del nervio L5, que recibe una anastomosis del nervio L4) y las ramas presomáticas de los nervios S1, S2 y S3. Su rama terminal es el nervio ciático mayor (Cia M) (fig. 251), el cual, a su vez, se divide en ciático-poplíteos interno y externo.

Sus ramas colaterales más importantes son el nervio glúteo superior y el nervio glúteo inferior.

El *nervio glúteo superior* (n Gl s) (fig. 243) es exclusivamente motor (músculos glúteo mediano, glúteo menor y tensor de la fascia lata). Su lesión, difícil, salvo en las fracturas de la cadera, produce tan sólo ligeros trastornos, ya que la acción de los músculos paralizados puede ser suplida por la de otros.

El *nervio glúteo inferior* (N Gl i) (fig. 243), o ciático menor, es mixto. Inerva al músculo glúteo mayor y recoge la sensibilidad de la región posterior del muslo y de la región glútea. Su lesión, también difícil, origina la imposibilidad de mantener erecto el tronco a nivel de la cadera (por parálisis del músculo glúteo mayor) y anestesia en la parte posterior del muslo y en una extensa zona de la región glútea.

La sección del NERVIO CIATICO MAYOR (Cia M) (fig. 243) trae como consecuencia no solamente la parálisis de los músculos inervados por él (porción larga del gran aproximador, semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral), sino también la parálisis y la anestesia de los ciático-poplíteos.

La parálisis de los músculos propios del ciático mayor implica la imposibilidad de flexionar la pierna sobre el muslo y la imposibilidad de la acción preparatoria para el salto.

La lesión del CIÁTICO-POPLÍTEO INTERNO (n Cpi) (figura 236) produce la parálisis de los músculos de la pantorrilla (tríceps sural = gemelos y sóleo; delgado plantar, poplíteo, flexor común de los dedos, tibial posterior y flexor largo del dedo gordo) y de los músculos de la planta del pie.

La parálisis de los músculos de la pantorrilla imposibilita la acción de ponerse de puntillas, mientras que la parálisis de los músculos de la planta del pie origina el hundimiento de la bóveda plantar (pie plano), pues falta la acción de los músculos que la sostienen.

Además de la parálisis hay zonas anestésicas que corresponden a los *nervios plantares* (planta del pie) (Pl E y Pl I) (fig. 263), al *calcáneo-cutáneo* (talón) (Cal C) y al *safeno externo* (parte externa de la cara posterior de la pierna y borde externo del dorso del pie) (n Sa E).

La sección del CIÁTICO-POPLÍTEO EXTERNO (n C P E) (fig. 239) (relativamente fácil, pues es muy superficial a nivel de la cabeza del peroné) implica también parálisis y zona de anestesia.

Si sólo se afecta la rama externa, es decir, el *nervio musculocutáneo*, se paralizan los músculos peroneos laterales largo y corto (imposibilidad de elevar el borde externo del pie) y está anestesiada la mayor parte de la piel del dorso del pie y algo de la piel de la parte anterior de la pierna (Mu Cu) (fig. 262).

Si está seccionado el *nervio tibial anterior* (rama interna del ciático-poplíteo externo) quedan paralizados los músculos que elevan la punta del pie y hacen que se apoye el talón (músculos tibial anterior, extensor largo del dedo gordo, extensor común de los dedos y peroneo anterior, más el pedio). Como el músculo tibial anterior, además de elevar la punta, eleva el borde interno del pie, esta acción estará también imposibilitada. El paciente, al caminar, no puede levantar la punta del pie, por lo que ha de flexionar mucho la rodilla para que el pie no roce en el suelo. La sección del nervio tibial anterior no implica apenas ningún trastorno sensible, pues el nervio sensible tibial anterior recoge la sensibilidad de la parte interna del dedo gordo y la parte externa del dedo segundo. Pero la sensibilidad de estos dedos también es recogida por el nervio musculocutáneo.

Al tronco del nervio ciático-poplíteo externo (antes de su división) se incorporan también los nervios sensibles, como el *accesorio del safeno externo* y el *cutáneo peroneo*, que recogen la sensibilidad de la parte externa de la pierna.

CAPÍTULO 46

ARMAZÓN CONJUNTO DE LA EXTREMIDAD INFERIOR: APONEUROSIS. CORREDERAS Y OTROS ANEXOS

Existe en la extremidad inferior una serie de formaciones fibrosas, dispuestas como *abrazaderas* para asegurar el encaje de tendones por *correderas*, o bien, dispuestas como *aponeurosis* para formar *celdas* de alojamiento muscular que facilite su variación de volumen al contraerse. Anejos, también, son *sinoviales* y otros medios que facilitan el deslizamiento de tendones. Los anejos a que nos referimos son muy necesarios a nivel de zonas críticas, donde la cantidad de tendones que pueden confluir es grande y las posibilidades de luxación al contraerse son elevadas.

Una zona muy necesaria de refuerzos es el *tobillo*. La parte anterior del tobillo muestra tendones fácilmente desplazables al contraerse. Tales son el tibial anterior, el extensor del dedo gordo, el extensor común y el peroneo anterior. Todos ellos, durante la contracción, forman cuerdas tensas necesitadas de que el llamado *arco anterior del ligamento anular del tobillo* las contenga. Este arco parte desde el calcáneo, dirigiéndose sus fibras hacia adentro y expansionándose en dos fascículos. Uno de ellos va al escafoides, el otro al maléolo interno. Este ligamento no dificulta en lo más mínimo los movimientos de la articulación del tobillo, pudiendo realizar su flexión, extensión y lateralidad; sin embargo, la contención de estos músculos necesita además una lámina aponeurótica anterior de la pierna que vaya desde la cresta anterior de la tibia a la cresta anterior del peroné, formando amplia celda, cuyo borde inferior esté un tanto independiente del borde superior del ligamento anular.

La parte externa del tobillo ofrece el paso de los peroneos laterales corto y largo, encajados en el canal de los peroneos, que es retromaleolar. El encaje de estos tendones está asegurado por el llamado *arco externo del ligamento anular del tobillo*, que desde el maléolo externo va al calcáneo.

La parte interna del tobillo o garganta del pie permite el paso del tendón flexor del dedo gordo, tibial posterior y flexor común, tendones que se encajan en huellas óseas del astrágalo, del calcáneo y de la tibia merced a una abrazadera o *ligamento lateral interno anular del tobillo* que desde el maléolo interno va al calcáneo.

Las tres correderas resultantes del tobillo: anterior, externa y posterior, provistas de sus respectivos ligamentos, abrazan tendones que se deslizan fácilmente merced a colecciones sinoviales satélites para cada tendón en cada corredera.

La *pierna* (fig. 268) es una zona necesaria de anejo, como continuación de elementos del tobillo. A este fin tenemos la aponeurosis *anterior de la pierna* (Aa), ya indicada anteriormente, que desde el borde anterior de la tibia va al borde anterior del peroné, formando una celda osteofibrosa en cuyo fondo está el ligamento interóseo (Int). La rellena

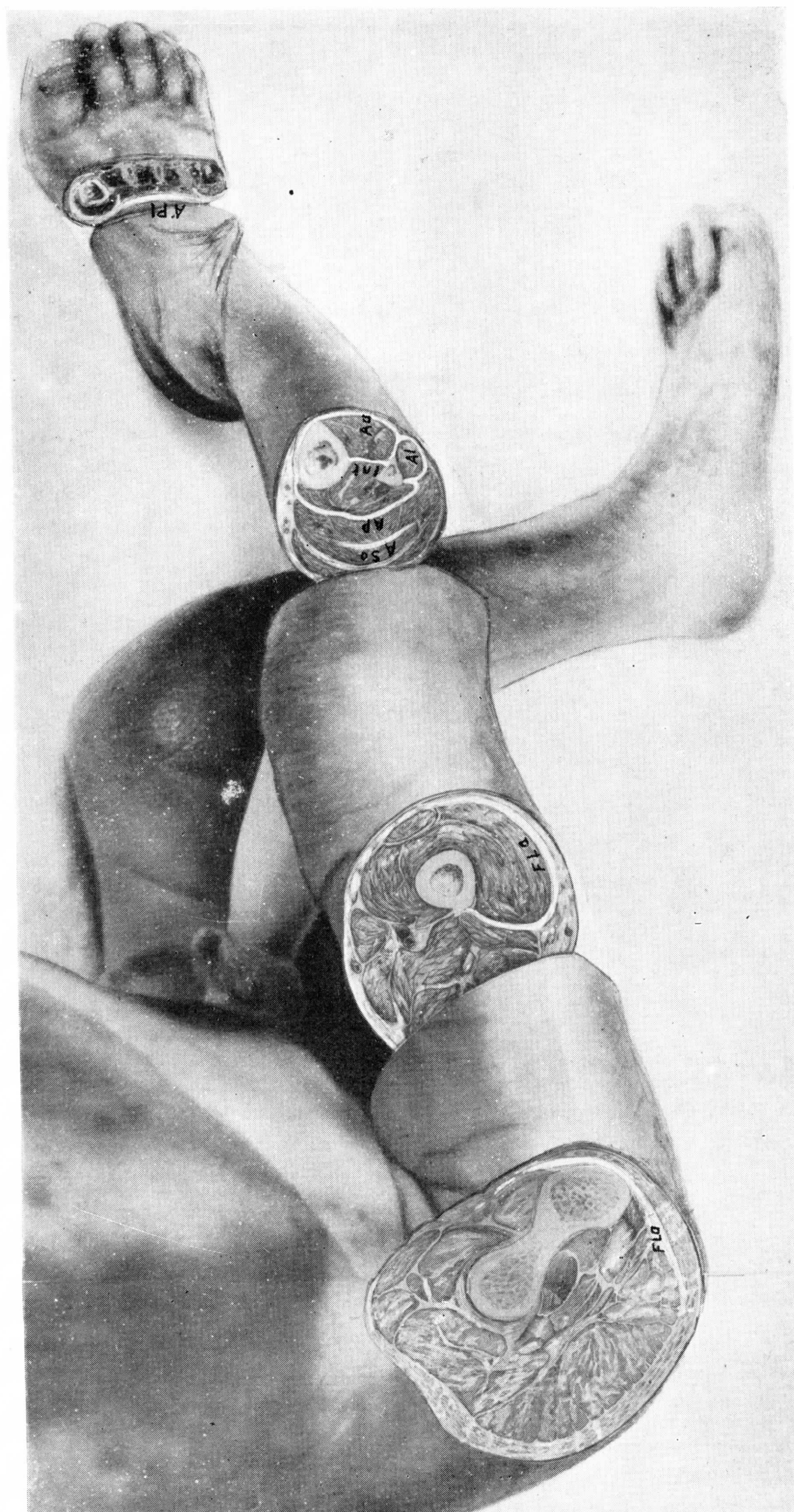


Fig. 268. — Visión conjunta de las fascias y celdas aponeuróticas de la extremidad inferior con la ayuda de cortes transversales a distintos niveles.

ordenadamente, de dentro a fuera, el músculo tibial anterior, que se inserta en la tibia y en el ligamento interóseo, así como el extensor del dedo gordo y el extensor común, que se insertan en la cara interna del peroné que hay por delante del ligamento interóseo. Estos músculos también se insertan en la aponeurosis de la celda y en la profundidad, junto al ligamento interóseo, dejando el espacio suficiente para que pase el nervio y arteria tibial anterior. Notemos que en la parte externa de la pierna, los músculos peroneos corto y largo están encerrados en un estuche aponeurótico lateral (AL) que forma celda osteofibrosa con el peroné; notemos igualmente en esta celda el nervio peroneo. Por detrás de la pierna no existen aponeurosis resistentes, salvo la clásicamente conocida como aponeurosis intermedia del sóleo (ASo), por cuya cara superficial y profunda se insertan fuertemente las fibras musculares de este músculo. Profundamente, ante el sóleo, aparte del flexor del dedo gordo, tibial posterior y flexor común de los dedos, hay un espacio grasiento impropiamente aponeurótico (AP) para el paquete vasculonervioso tibial posterior. En este paquete las venas tibiales y peroneales posteriores y satélites están habitualmente muy dilatadas, casi varicosas, ya que aquí la circulación de retorno se ve dificultada por el obstáculo del anillo del sóleo, que se encuentra más arriba, circunstancia que obliga a que el sóleo, durante sus contracciones normales, exprima el estancamiento venoso existente para hacerlo ascender. Caso de que el sóleo no tuviera suficiente acción muscular para contraerse, las venas tibiales se estasían y forman varices que obstaculizan la circulación.

En el *pie* encontramos zonas necesarias de anexos musculares, debiendo aquí de limitarnos a los que colaboran en los apoyos y en el sostén del puente. A este propósito, la planta del pie muestra inmediatamente bajo la piel la clásica aponeurosis plantar (ApPl) (fig. 268), que desde el calcáneo (fig. 235) se extiende hasta la cabeza de los metatarsianos, para lo cual tiene aquí que atravesar los planos que se interponen interdigitalmente, extendiéndose también hasta los márgenes

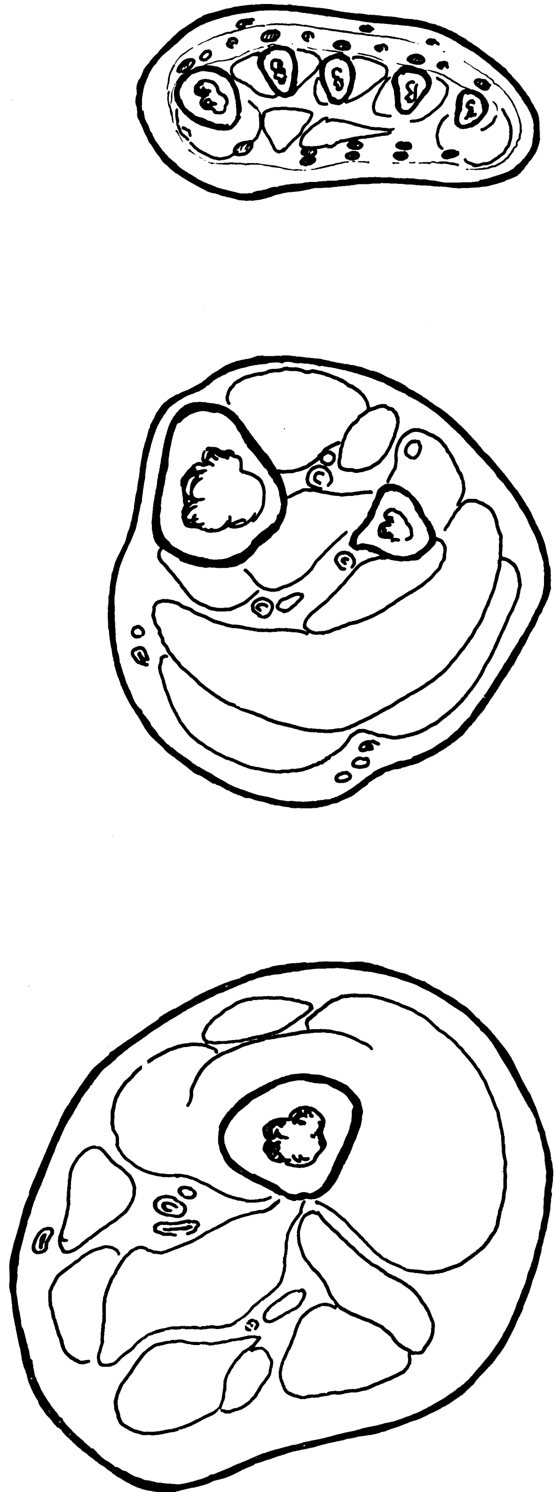


FIG. 269

del primer metatarsiano y del quinto. Esta aponeurosis plantar media recibe la inserción de un músculo que hay inmediatamente en profundidad, como es el flexor plantar corto, situado en el centro, así como el separador del quinto dedo y el del dedo gordo, situados a cada lado del pie. De esta suerte, la aponeurosis refuerza la acción de las musculaturas indicadas y así sostiene activamente los apoyos y el puente.

En el *muslo* encontramos algunas zonas necesarias de anejos musculares. A este propósito notemos que los músculos enderezadores del muslo suelen estar sueltos, dependiendo exclusivamente de sus inserciones polares; tal es el caso del bíceps con su porción larga y corta, así como el semitendinoso, semimembranoso y el fascículo recto del gran aproximador. El que estos músculos queden encerrados en estuches aponeuróticos no significa que vayan a ser ayudados en su contracción; además, los músculos indicados son muy aponeuróticos en sí, al estar íntimamente mezcladas fibras tendinosas con sus fibras musculares, formando unidad. Una cosa parecida corresponde a los músculos aproximadores, situados medialmente en bloque desde la línea áspera. En cambio, no podemos decir lo mismo del músculo cuadríceps, cuyo fascículo crural y vasto externo requiere la *fascia lata*, que los envolverá lateralmente para evitar su luxación al contraerse; notemos que la fascia lata (Fla) (fig. 268), que por detrás llega a la línea áspera, por delante se difumina hacia el recto anterior. La fascia lata se continúa con otras aponeurosis que tienen menos cuerpo y que completan la envoltura del muslo superficialmente bajo la piel. Entre estas aponeurosis de continuación, debemos de considerar la llamada *fascia cribiformis*, tendida entre el sartorio y el recto interno. La fascia cribiformis no tiene cuerpo en sí, sobre todo si la comparamos con las fascia lata; sin embargo, sirve de referencia para el paso de elementos vasculonerviosos desde la superficie a la profundidad. La fascia cribiformis ocupa un espacio triangular limitado entre el sartorio, recto interno (igual daría el aproximador mediano) y el pliegue de la ingle. Este espacio es conocido clásicamente como «triángulo de Scarpa».

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

APONEUROSIS Y OTROS ANEXOS DE LA EXTREMIDAD INFERIOR. Armazón y correderas del tobillo. Aponeurosis plantar. Celdas de la pierna y del muslo. Fascia lata. Fascia cribiforme.

CAPÍTULO 47

ESTUDIO ANALÍTICO DE LOS HUESOS DEL MIEMBRO INFERIOR (COXAL, FÉMUR, RÓTULA, TIBIA Y PERONÉ)

Con excepción de los huesos del pie, que han sido estudiados en conjunto, el resto del esqueleto del miembro inferior ha sido considerado en relación con las principales articulaciones, por lo cual estos huesos se han estudiado en sus principios. Es, pues, necesario hacer un estudio detallado de estos huesos, siendo ahora sencillo el análisis de sus accidentes, puesto que la mayor parte de ellos están determinados por inserciones musculares o ligamentosas, ya conocidas.

COXAL (Figs. 270 y 271)

Hueso plano, que forma el esqueleto de la cadera. Recibe el peso del cuerpo transmitido a lo largo de la columna vertebral.

Desde el punto de vista embrionario está constituido por tres huesos (o sea, tres centros de osificación independientes e importantes): el HUESO ILION (para la contención de vísceras abdominales), el ISQUION (para el apoyo durante el asiento) y el PUBIS (que transmite las fuerzas al del lado opuesto y hace que éstas se contrarresten). El isquion y el pubis tienen también la misión de contener y proteger las vísceras pelvianas.

El hueso coxal, como hueso plano, tiene dos caras y cuatro bordes.

En la CARA EXTERNA (fig. 270) llama la atención la presencia de la CAVIDAD COTILOIDEA (con su *ceja, superficie articular* y su *trasfondo*), hacia donde confluyen los vectores de fuerza. La ceja de la cavidad cotiloidea muestra tres escotaduras, que se forman al fundirse los tres huesos del coxal. Son la *escotadura iliopubiana* o anterior, la *ilioisquiática* o posterior y la *isquiopubiana* o inferior. Esta última es la más acentuada.

Encima de la cavidad cotiloidea el hueso iliaco muestra la FOSA ILIACA EXTERNA, en la cual la inserción de los músculos glúteos determina la presencia de las *líneas semicirculares anterior* y *posterior*.

En esta cara externa se observan también los huesos isquion y pubis, los cuales dejan ver todos sus componentes. Así, se observa que el ISQUION está constituido por una *rama descendente*, que hacia el borde posterior del hueso es la *tuberosidad*, y una *rama ascendente* que se une a la rama descendente del pubis. El PUBIS consta de *rama horizontal, lámina cuadrilátera y rama descendente*.

En la cara externa de la rama descendente del isquion y en una zona muy próxima a la tuberosidad isquiática, se inserta el músculo cuadrado crural.

La cara externa de la *rama isquiopubiana* (formada por la confluencia de la rama ascendente del isquion y de la rama descendente del pubis) sirve de inserción a los músculos obturador externo, aproximador mayor y recto interno (este último inserto en el borde inferior de la rama). En la cara externa de la lámina cuadrilátera del pubis se inserta el aproximador menor. La lámina horizontal presenta la espina del pubis, en parte determinada por la inserción del aproximador mediano. En la espina del pubis se inserta también el ligamento inguinal.

Entre la cavidad cotiloidea, el pubis y el isquion existe el AGUJERO OBTURADOR o isquiopubiano. Su borde es agudo, excepto a nivel de la rama horizontal del pubis, donde existe el canal subpubiano, que forma parte del marco del agujero obturado. En los dos puntos donde el pubis se une al isquion, el borde del agujero presenta sendos tubérculos (*tubérculos isquiopubianos anterior y posterior*).

En la CARA INTERNA (fig. 271) destaca la *línea terminal*, que contribuye a formar el estrecho superior. Este divide a la pelvis en mayor y menor.

Por encima de la línea terminal, la cara interna muestra la FOSA ILIACA INTERNA (inserción del múscu-

lo iliaco), y por detrás de éste, cerca del borde posterior, existe la cara articular *(faceta auricular)* para el sacro. A su vez, encima de la cara articular hay una zona rugosa *(tuberosidad iliaca)* originada por la inserción de ligamentos sacroiliacos.

Por debajo de la línea terminal, la cara interna del coxal muestra el agujero isquiopubiano y las caras internas del isquion y del pubis. El fondo de la cavidad cotiloidea es una superficie lisa de la cara interna del coxal, situada entre el agujero isquiopubiano y la línea terminal. En esta superficie y en gran parte de la cara interna del marco del agujero isquiopubiano se inserta el músculo obturador interno.

El BORDE SUPERIOR o *cresta iliaca* está contorneada en S itálica. En ella se insertan músculos abdominales y el dorsal ancho, además de la banda muscular de los iliocostales y longísimos.

El BORDE POSTERIOR comienza en la *espina iliaca posterosuperior* (en donde termina por atrás la cresta iliaca). Debajo de ella, y separada por una pequeña escotadura, existe la *espina iliaca postero-*

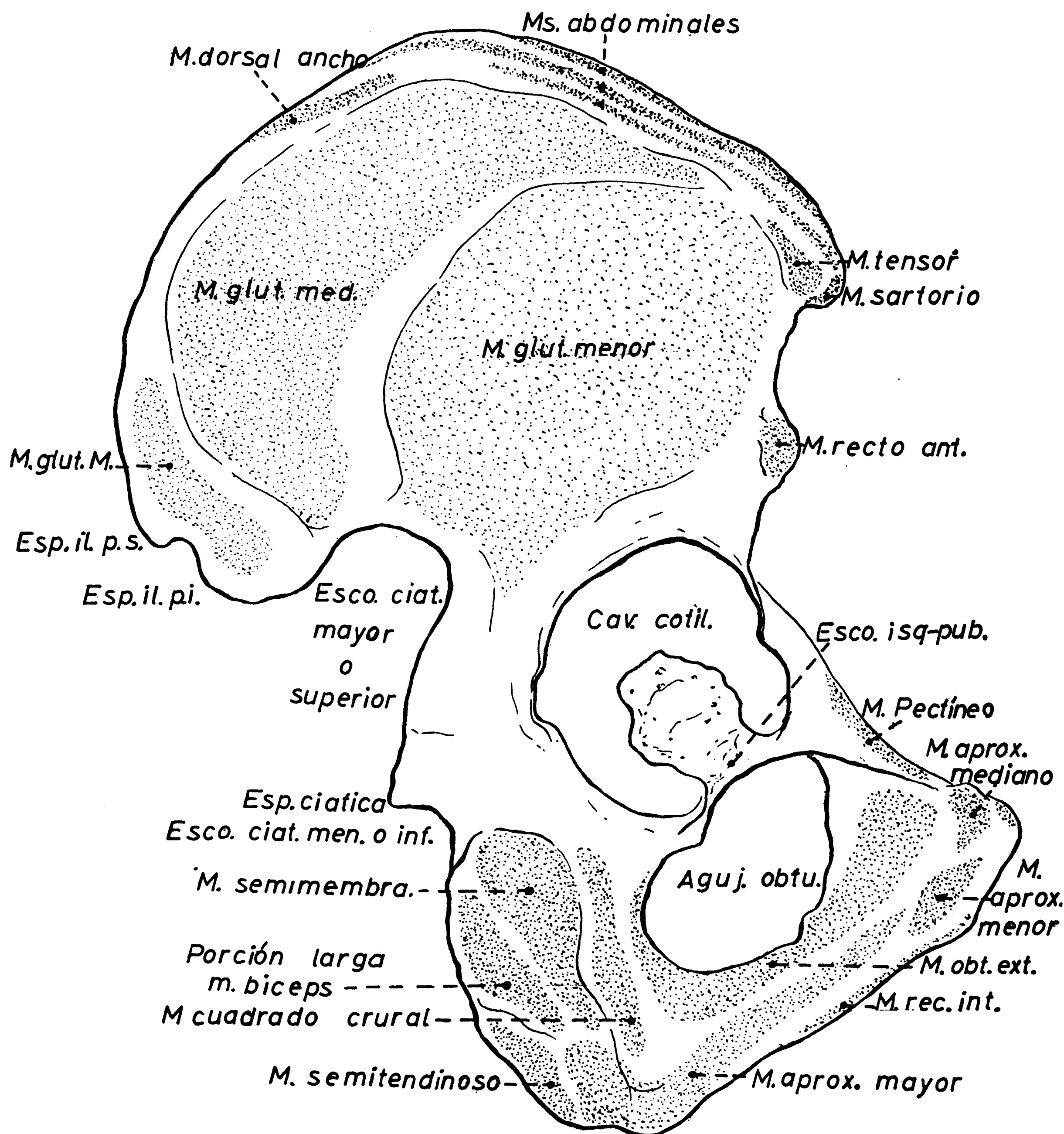


FIG. 270. — Cara externa del hueso coxal.

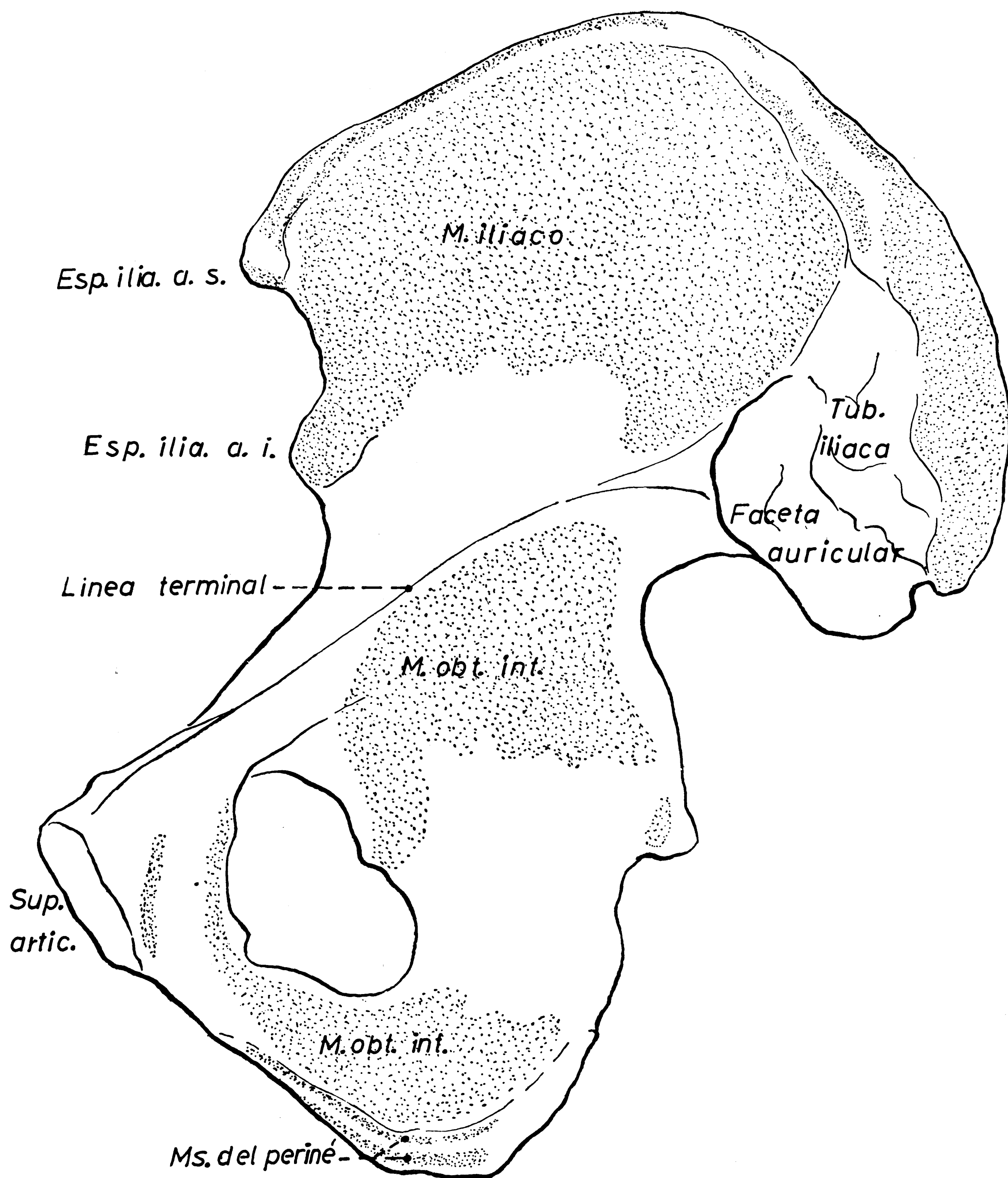


FIG. 271. — Cara interna del hueso coxal.

inferior. Ambas espinas están determinadas por la inserción fundamentalmente de ligamentos sacroiliacos posteriores. La inserción del ligamento sacrociático forma en el borde posterior del coxal un saliente denominado *espina ciática*, por encima de la cual se encuentra la *escotadura ciática mayor* (que da paso al músculo piramidal) y por debajo la *escotadura ciática menor* (por donde pasa el músculo obturador interno). Debajo de esta escotadura el borde posterior es la *tuberosidad isquiática*, originada por la inserción del ligamento sacrotuberoso y de los músculos semimembranosos, semitendinoso y porción larga del bíceps.

El BORDE INFERIOR del coxal, en una gran

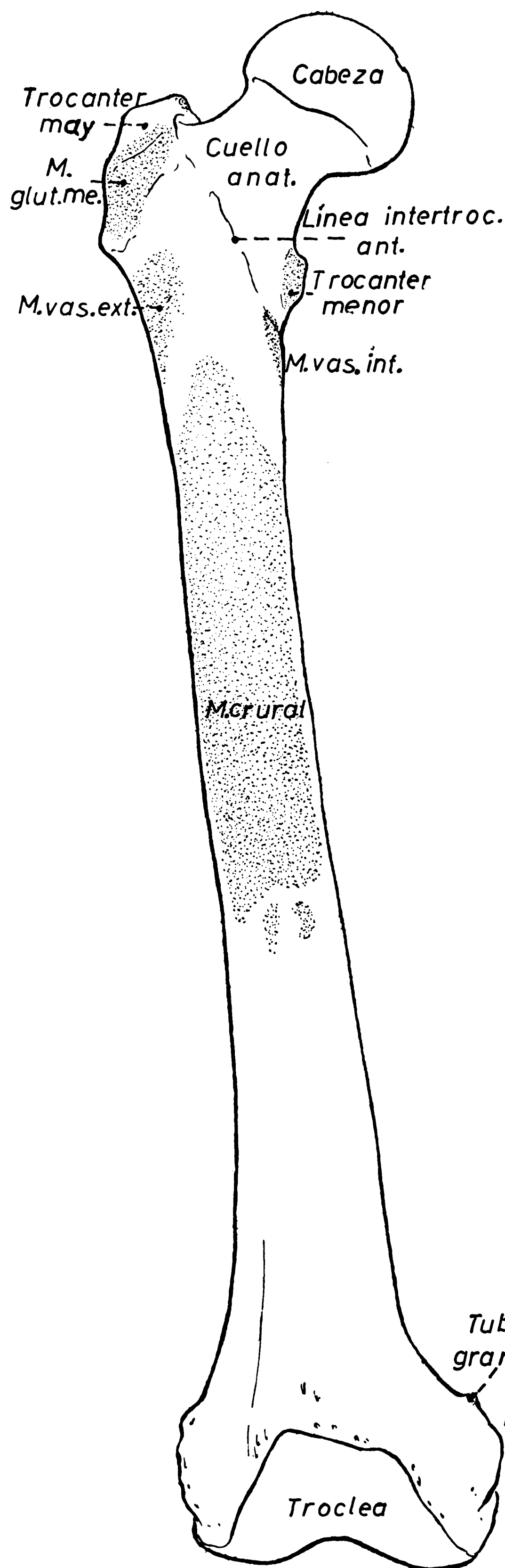


Fig. 272. — Visión anterior del fémur.

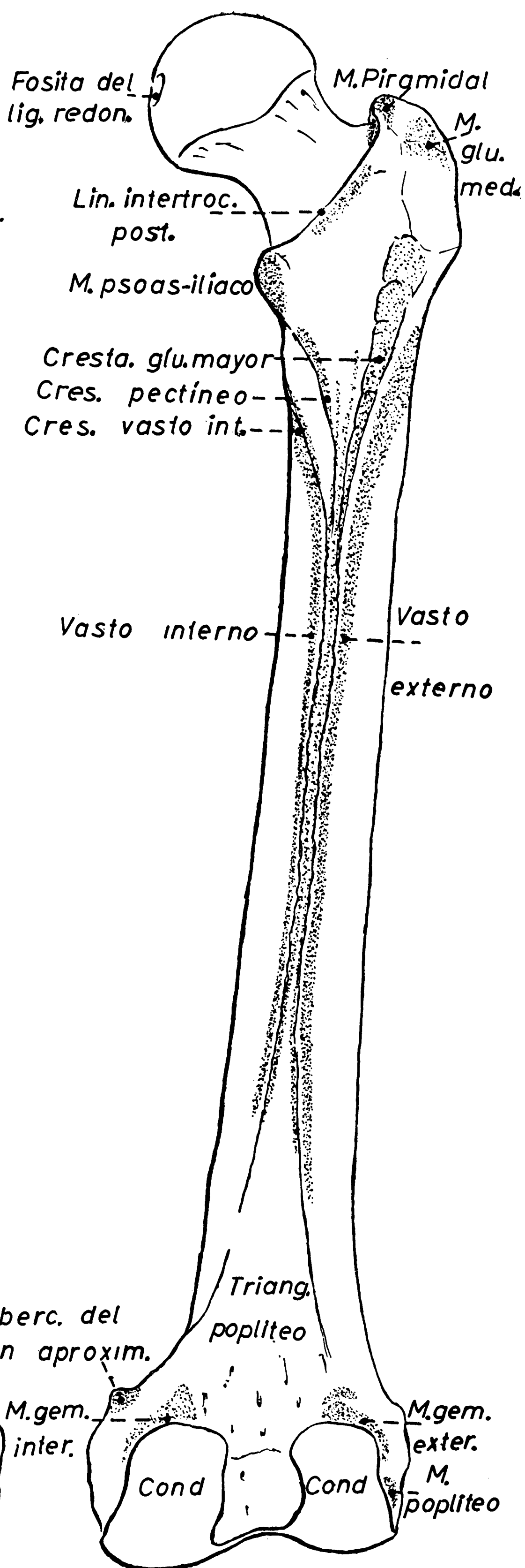


Fig. 273. — Visión posterior del fémur.

parte, es también borde inferior de la rama isquiopubiana. En esta porción presenta un labio externo (donde se inserta el músculo recto interno), un intersticio y un labio interno (para-inserción de músculos perineales).

La *superficie articular de la sínfisis* del pubis se considera como la parte interna del borde inferior del coxal.

El BORDE ANTERIOR comienza en la *espina iliaca anterosuperior* (músculos sartorio y tensor de la fascia lata y ligamentos inguinal), la cual está separada de la *espina iliaca anteroinferior* (músculo recto anterior del cuadríceps) por una escotadura. Más abajo de la espina iliaca anteroinferior hay otra escotadura por donde pasa el músculo psoas-iliaco. Se continúa con la *eminencia ileopectínea*, que puede considerarse como el techo de la cavidad cotiloidea. Esta eminencia representa el punto de unión de los huesos ilion y pubis y se prolonga hacia adentro con la *superficie pectínea* que termina en la *espina del pubis*. En esta superficie y en la *cresta pectínea*, que forma su límite posterior, se inserta el músculo pectíneo. Por dentro de la espina del pubis, el borde anterior del coxal aún presenta unas rugosidades originadas por la inserción de un músculo del abdomen.

FÉMUR (Figs. 272 y 273)

Hueso largo, por el que se transmite el peso del cuerpo a partir de la cavidad cotiloidea. Como hueso largo hay que distinguir en él dos extremidades o epífisis y un cuerpo o diáfisis.

La EXTREMIDAD SUPERIOR presenta la CABEZA FEMORAL con la *fosita del ligamento redondo*, el CUELLO ANATÓMICO y los trocánteres.

El TROCÁNTER MAYOR está determinado por la inserción de músculos como el glúteo mediano (en su cara externa), el glúteo menor (en su borde anterior) y el piramidal (en su borde superior). En la cara interna del trocánter mayor (y cerca de su borde posterior) existe la *fosita digital*, donde se inserta el músculo obturador externo, e inmediatamente por encima de ella el tendón del músculo obturador interno.

El TROCÁNTER MENOR está determinado por la inserción del fuerte tendón del músculo psoas-iliaco.

Los trocánteres están unidos por las *líneas intertrocantéreas, anterior* (determinada por la inserción de la cápsula articular) y *posterior* (originada por la inserción del músculo cuadrado crural).

La extremidad superior se une al cuerpo por medio del *cuello quirúrgico*.

El CUERPO o diáfisis del fémur tiene forma de prisma triangular. Presenta tres caras, separadas por tres bordes.

El BORDE POSTERIOR, que es el que más destaca, se denomina *línea áspera*. Está determinada por la inserción de fuertes músculos. La línea áspera presenta dos labios (en los que se insertan los músculos vastos) y un intersticio (músculos aproximadores y porción corta del bíceps).

La línea áspera, hacia arriba se trifurca, trifurcación que es también originada por la inserción de músculos. Se forman, pues, tres crestas: externa (o *cresta del músculo glúteo mayor*), intermedia (o *cresta del pectíneo*) e interna (o *cresta del vasto interno*). La última se continúa con la línea intertrocantérea anterior.

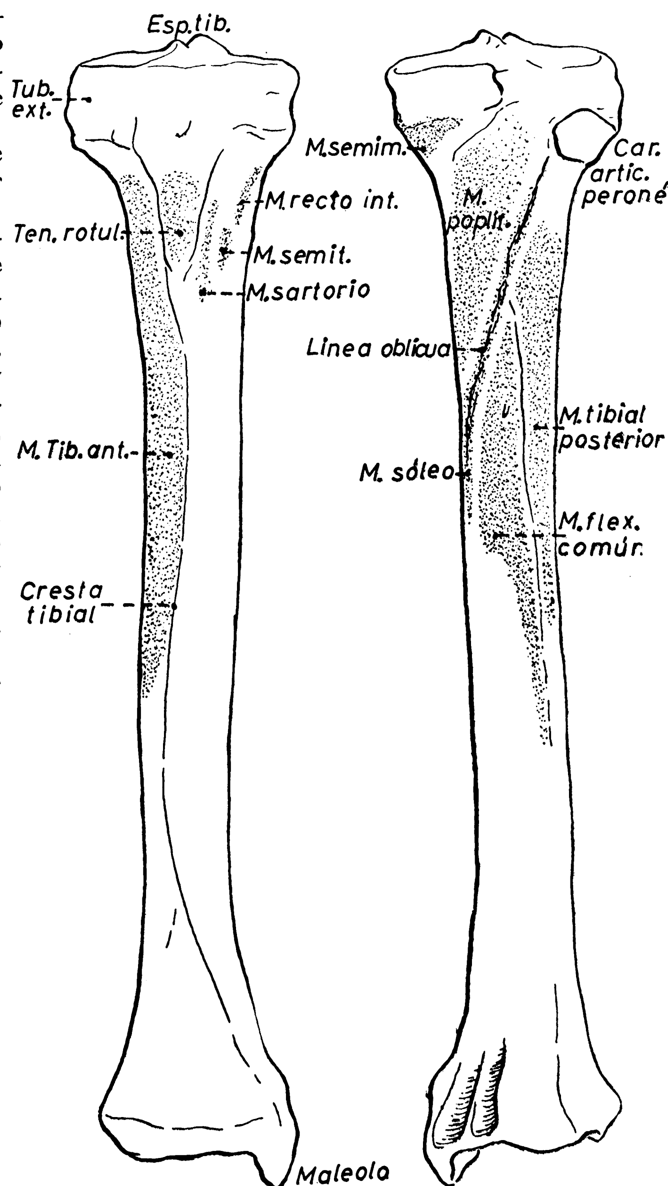


FIG. 274. — Visión anterior de la tibia.
FIG. 275. — Visión posterior de la tibia.

Hacia abajo, la línea áspera se bifurca. Las dos líneas de bifurcación limitan al llamado *triángulo poplíteo.*

Los BORDES EXTERNO e INTERNO son romos.

De las tres caras del cuerpo del fémur, la interna está libre de inserciones musculares, mientras que la anterior y la externa dan inserción al músculo crural.

La EXTREMIDAD INFERIOR del fémur forma parte de las articulaciones de la rodilla, que es una tróclea-condílea. En la cara anterior está la TRÓCLEA FEMORAL y a los lados dos masas que son los CÓNDILOS FEMORALES, cuyas superficies articulares se sitúan en la parte inferior y en la posterior. Por detrás, los cóndilos están separados por la *escotadura intercondílea.* En las caras laterales de los cóndilos se encuentra una fosita, en la que se insertan los músculos gemelos. Por debajo de la inserción del gemelo externo existe una depresión en la que toma inserción el músculo poplíteo. En la cara lateral del cóndilo interno, por encima de la inserción del músculo gemelo interno, el músculo aproximador mayor origina el *tubérculo del gran aproximador.*

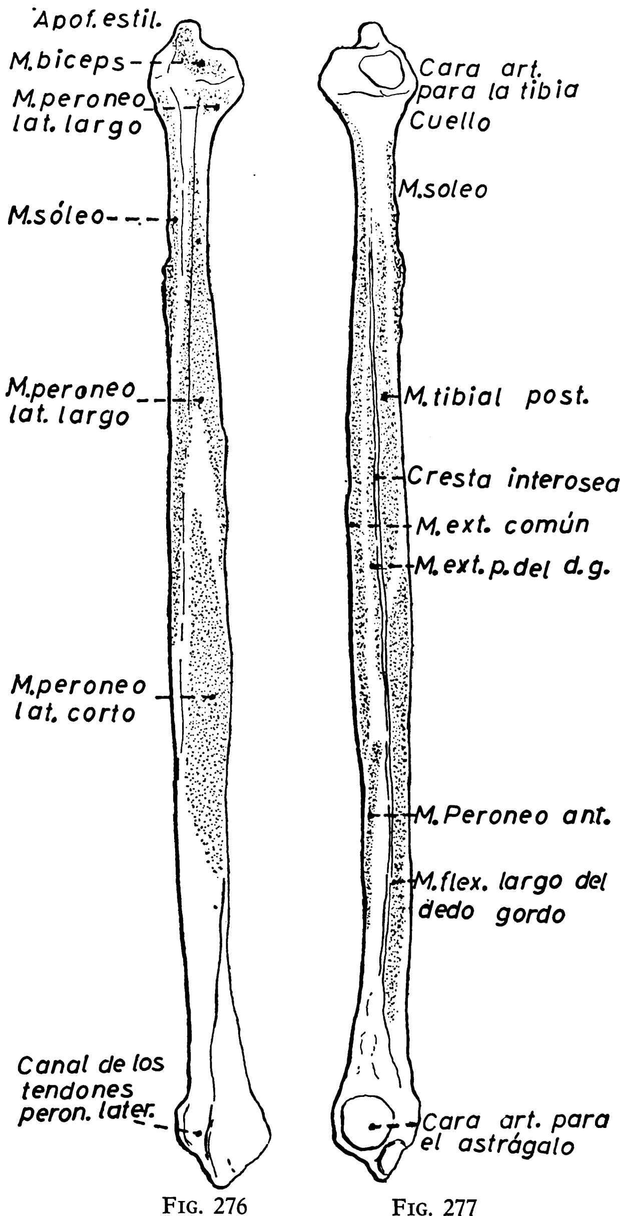


FIG. 276 FIG. 277

FIG. 276. — Visión lateral externa del peroné.
FIG. 277. — Visión lateral interna del peroné.

RÓTULA

Hueso de la rodilla que se considera como sesamoideo del tendón del músculo cuadríceps. Se articula con la tróclea femoral por medio de una superficie articular, situada en la mayor parte de su cara posterior. Además de ésta, la rótula tiene una cara anterior; un borde superior o base, en cuya parte anterior se inserta el tendón del cuadríceps, y un vértice inferior en el que se inserta el tendón rotuliano.

TIBIA (Figs. 274 y 275)

Hueso largo, que recibe el peso del cuerpo transmitido por el fémur. Es el hueso interno del esqueleto de la pierna.

La EXTREMIDAD SUPERIOR muestra la MESETA TIBIAL con las CAVIDADES GLENOIDEAS, separadas entre sí por la *espina de la tibia* (que presenta un tubérculo externo y otro interno) y por las *superficies preespinal y retroespinal.* Cada cavidad glenoidea descansa sobre una masa ósea, llamada tuberosidad. Hay, pues, una TUBEROSIDAD EXTERNA y otra INTERNA.

Aún existe la TUBEROSIDAD ANTERIOR, causada por la inserción del tendón rotuliano.

En la parte posterior de la tuberosidad interna hay rugosidades que son originadas por la inserción de los tendones del músculo semimembranoso. La parte posteroexterna de la tuberosidad externa presenta una *carilla articular para el peroné.*

El CUERPO es prismático triangular, en el que sus tres caras (externa, interna y posterior) están separadas por tres bordes. El BORDE ANTERIOR o *cresta tibial* (vulgarmente espinilla) es el más cortante y en su parte inferior se incurva hacia adentro. El BORDE EXTERNO da inserción a la membrana interósea. El otro BORDE es INTERNO.

La CARA EXTERNA da inserción al músculo tibial anterior en sus tres cuartos superiores. La CARA INTERNA es lisa y libre de inserciones musculares, salvo en su parte superior, donde toman inserción los tendones que forman la *pata de ganso* (sartorio, semitendinoso y recto interno); en ella se fija también la aponeurosis de la pierna. La CARA POSTERIOR está dividida en dos partes por la *línea*

oblicua, que es originada por la inserción del sóleo (que se inserta también en el borde interno). Por encima de la línea oblicua, la cara interna presenta una superficie triangular en la que se inserta el músculo poplíteo; por debajo, en el hueso seco llama la atención la presencia de una cresta vertical, formada por la inserción del músculo tibial posterior. Esta cresta vertical divide la parte inferior de la cara posterior de la tibia en dos porciones: externa para la inserción del mencionado músculo tibial posterior, e interna para el músculo flexor común de los dedos.

La EXTREMIDAD INFERIOR presenta una cara inferior, que se contrapone a la tróclea del astrágalo, y hacia dentro el MALÉOLO. La cara externa del maléolo es articular (contrapuesta a la cara interna del cuerpo del astrágalo, la cual tiene forma de coma). Vista por detrás, la extremidad inferior presenta dos canales, de los cuales el interno, situado en el borde posterior del maléolo, es debido al paso del tendón del tibial posterior, mientras que el externo es originado por el tendón del músculo flexor largo del dedo gordo.

PERONÉ (Figs. 276 y 277)

Hueso largo y delgado, que sirve de soporte a la tibia y además contribuye al pinzamiento elástico del astrágalo. Es el hueso externo del esqueleto de la pierna.

La EXTREMIDAD SUPERIOR, llamada CABEZA DEL PERONÉ, presenta una *apófisis estiloides*. En esta extremidad se inserta el tendón del músculo bíceps femoral. La cara superior de esta extremidad tiene una carilla que se articula con la tibia. La cabeza está unida al cuerpo por una parte estrecha llamada CUELLO.

El CUERPO presenta tres caras y tres bordes.

La CARA EXTERNA está excavada y en ella se insertan los músculos peroneos laterales largo y corto. En la CARA POSTERIOR se inserta el músculo flexor largo del dedo gordo. En la CARA INTERNA destaca, ante todo, la llamada cresta interósea, determinada por la inserción de la membrana interósea. Esta cresta divide a la cara interna en dos partes: una situada por delante, en la que se insertan los músculos extensor común de los dedos, extensor propio del dedo gordo y peroneo anterior; y en la otra, situada por detrás de la cresta, se fija el músculo tibial posterior.

La EXTREMIDAD INFERIOR es el *maléolo externo* o peroneo, cuya cara interna es articular (se contrapone a la cara externa del cuerpo del astrágalo, que tiene forma triangular). En su borde posterior existe un canal determinado por los tendones de los músculos peroneos laterales.

CAPÍTULO 48

ESTUDIO APLICATIVO DEL SISTEMA ESQUELÉTICO DE LA EXTREMIDAD INFERIOR (Referencias de la transmisión de líneas de fuerza, a la osificación y al crecimiento)

El esqueleto de la extremidad inferior en estado adulto (figs. 278 y 279) transmite el peso del cuerpo enderezado hacia el plano de sustentación, estableciendo un apoyo con la planta del pie y un equilibrio con el tobillo y con la pierna; en cuanto al muslo enderezado, transmite simplemente las líneas de fuerza del peso del cuerpo, sirviendo, por lo tanto, de aplomo; el muslo flexionado, en cambio, dirige el avance. Estas capacidades del adulto requieren una organización completa de la extremidad inferior, sobre todo del esqueleto definitivamente constituido. Antes de este estado, durante el crecimiento, el esqueleto se encuentra en formación, interesando cómo van apareciendo los puntos de osificación en relación con las matrices de crecimiento y cómo más tarde se sueldan estos puntos de osificación entre sí, englobando a las matrices de crecimiento, ya agotadas. Consideremos varios períodos:

EN ESTADO EMBRIONARIO, ya constituida la extremidad inferior con sus fundamentales detalles de organización, debe de notarse que el patrón esquelético aparece el último de todos. En principio se forman *patrones cartilaginosos* que recuerdan los huesos en el adulto, ya hacia el *segundo mes* del desarrollo. Hacia el *tercer mes* aparecen los primeros *puntos de osificación* en el centro de aquellos patrones cartilaginosos extensos (figs. 280 y 281). Tal ocurre a la diáfisis del fémur (F) (fig. 282), de la tibia (T), del peroné (P), del ilíaco (Il) y un poco después en el pubis (Pu) y en el isquión (Is) (véanse también las figs. 280 y 281). Igualmente aparecen puntos diafisarios en el cuerpo de los cinco metatarsianos. Lo mismo decimos de la diáfisis de la primera falange (1.ª) (fig. 282), segunda (2.ª) y tercera (3.ª) de cada dedo. A propósito de los metatarsianos y falanges, debemos de recordar que en ese período embrionario, y sobre todo, recién esbozada la extremidad, estos patrones esqueléticos del pie empiezan siendo relativamente extensos en comparación con los del resto de la extremidad. Así se establece un esqueleto óseo que empieza a sostener el eje del miembro desde que es necesario. A lo largo del desarrollo embrionario, todos los puntos de osificación diafisaria siguen creciendo como puntos principales que son, con lo cual se van acercando a las epífisis y, por lo tanto, a las articulaciones. Sin embargo, sólo en la rodilla aparecen los primeros puntos de osificación epifisarios o complementarios, en el mismo *período del nacimiento*, relacionado posiblemente con la gran extensión de rodilla para osificar. Estos puntos previos del nacimiento podemos considerarlos en la tibia

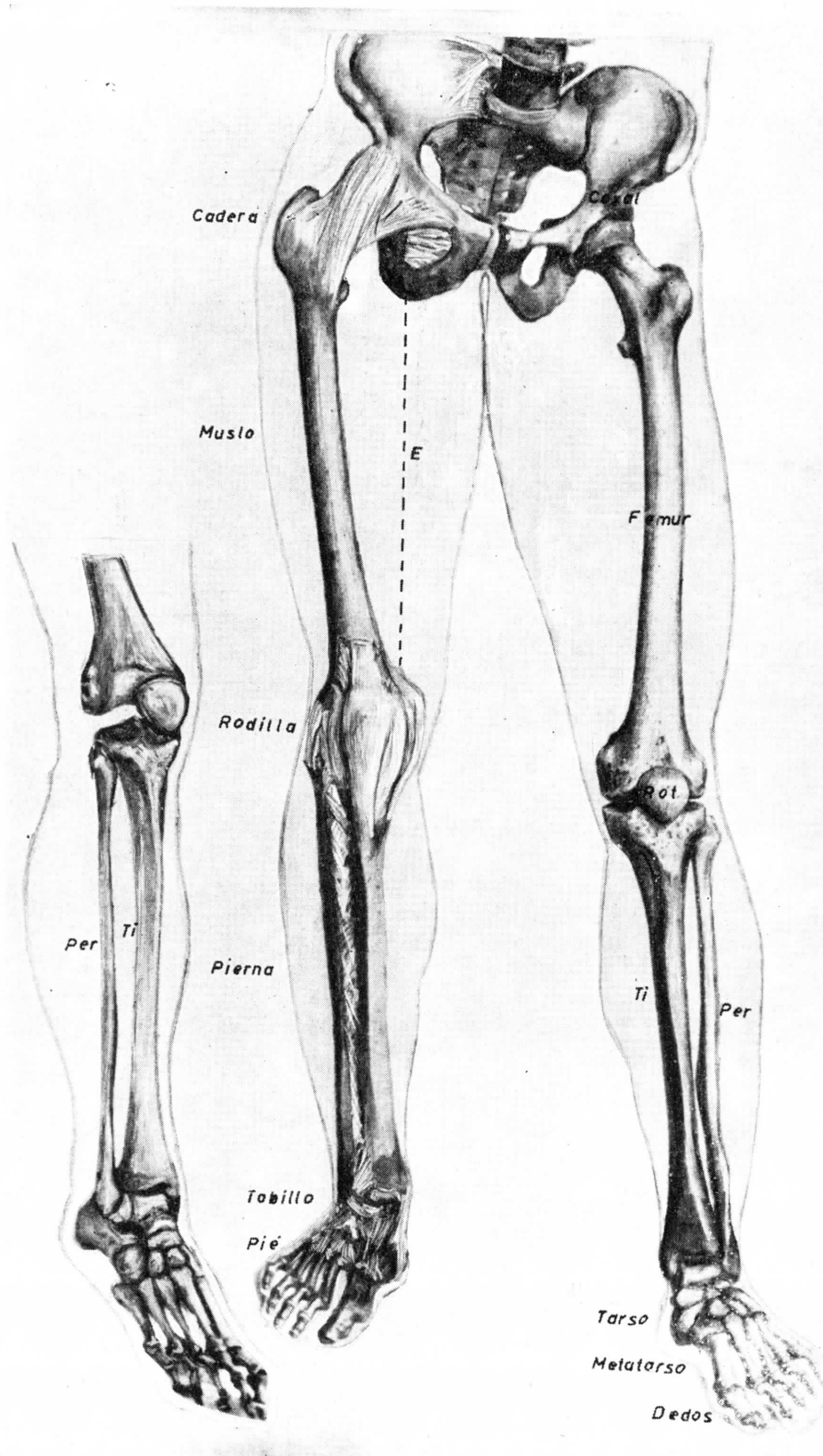


FIG. 278

FIGS. 278 y 279. — Esqueleto de la extremidad inferior del adulto en situación de transmitir el peso del cuerpo enderezado hacia el plano de sustentación. Nótese la situación de descanso clásica que se adopta apoyando el peso a plomo en la extremidad derecha, como lo comprueba la verticalidad del eje (E) isquiocondíleo o eje del muslo, resumen de la dirección de transmisión de fuerza que tiene que ir a lo largo del *fémur, oblicuamente* dispuestas.

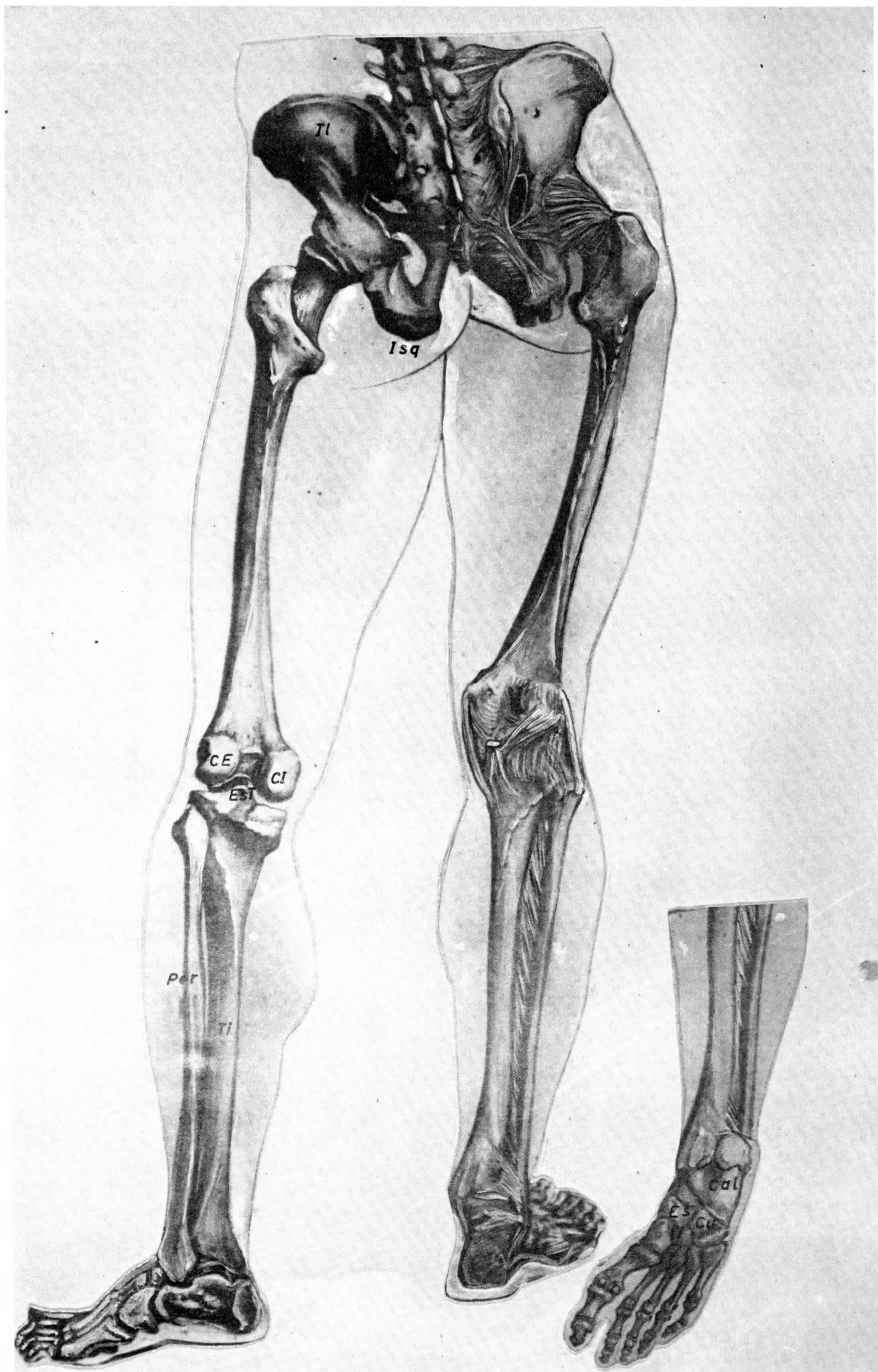


FIG. 279

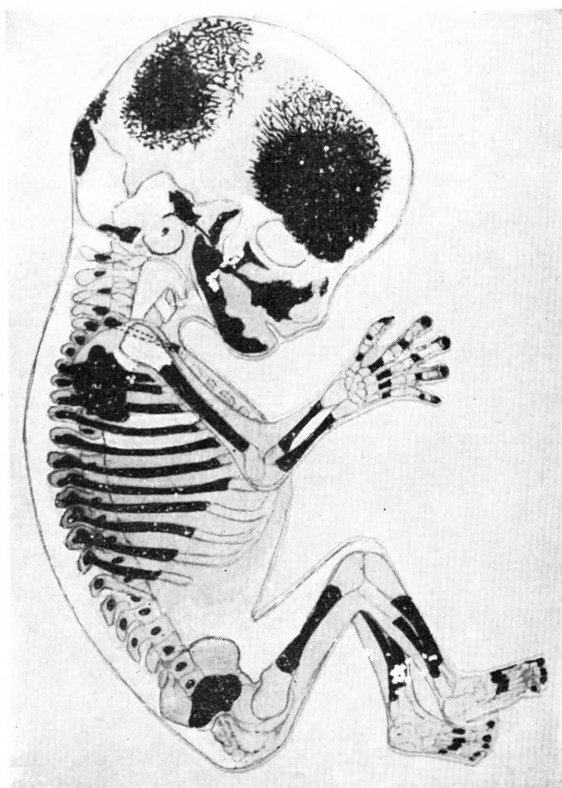


Fig. 280. — Esquema representando los núcleos de osificación de un feto hacia la mitad de desarrollo intrauterino.

(NT) y en el fémur (NF). No nos olvidemos de mencionar el punto calcáneo de antes del nacimiento (NC) y el punto astragalino (NA), también simultáneo.

Después del nacimiento van apareciendo puntos de osificación en las zonas articulares, en relación con la inminencia de su uso:

En cuanto al pie, notemos que se vigorizan puntos óseos ya existentes y aparecen nuevos puntos de osificación en los patrones cartilaginosos que han de servir para el apoyo, notando en el primer año (1) un punto de osificación para el cuboides que es zona de verdadero apoyo, mientras que los restantes patrones que van a intervenir más bien en la función de puente son osificados poco después; así, notamos que en el segundo año (2) le va a corresponder a la tercera cuña, en el tercer año (3) a la segunda cuña, en el cuarto año (4) a la primera cuña y en el quinto año (5) al escafoides. Entonces también aparecen más puntos de osificación que completan el pie para un mejor apoyo, y una mejor elasticidad del puente. A estos efectos, notemos cómo se amplían los puntos de osificación principales del segundo, tercero, cuarto y quinto metatarsianos, pero si bien esta osificación llega por detrás hasta sus bases, por delante, en cambio, no puede alcanzar la cabeza metatarsiana y por este motivo se constituyen en este quinto año (5) puntos complementarios en la cabeza de los metatarsianos indicados. En cuanto al primer metatarsiano, su punto de osificación principal llega hasta la cabeza en seguida, por ser apoyo importante, pero por detrás no llega a la base; por eso, aquí, en este quinto año (5), puede considerarse la aparición del punto complementario de la base del primer metatarsiano. A las falanges les ocurre lo mismo que a este último, debiendo, por lo tanto, de considerar en dicho quinto año (5) la aparición de un punto complementario en la epífisis posterior de cada una de ellas.

En cuanto al tobillo y pierna, que sirven el

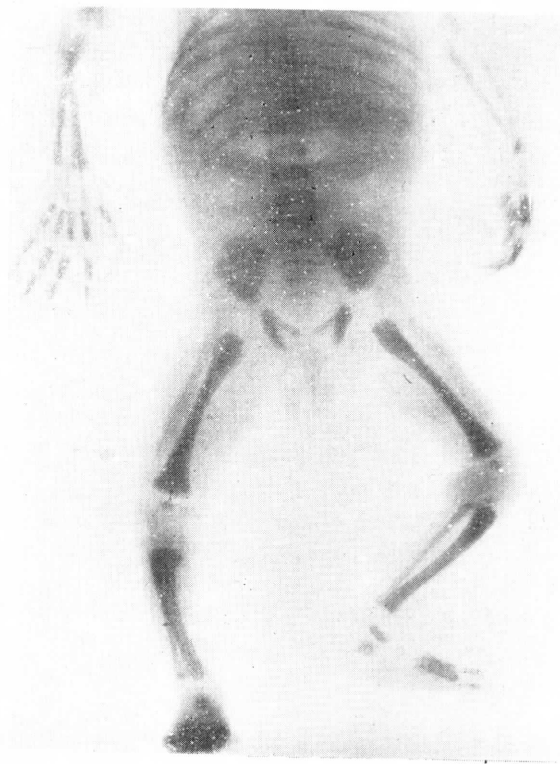


Fig. 281. — Núcleos de osificación en la extremidad inferior del recién nacido.

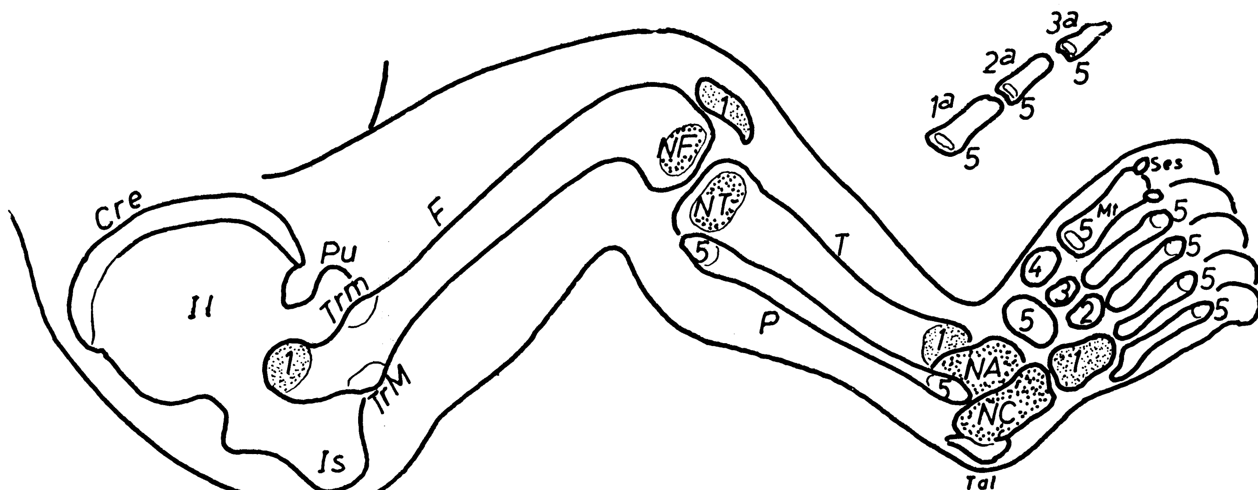


FIG. 282. — Esquema cronológico de la osificación. Los primeros núcleos de osificación en aparecer, corresponden a los patrones óseos de mayor longitud y volumen, como son las diáfisis del fémur (F), tibia (T), peroné (P), metatarsianos (Mt) y falanges (1.ª, 2.ª y 3.ª). Igualmente aparecen núcleos de osificación en el centro de amplios patrones óseos, como el ilion (Il), el isquion (Is) y el pubis (Pu). En el momento del nacimiento (N) interesa considerar núcleos de osificación en importantes zonas cruciales, como es la rodilla, tanto en el fémur (NF) como en la tibia (NT), y como es el tobillo, en el astrágalo (NA) y en el calcáneo (NC). Notemos después numeraciones: 1, 2, 3, 4 y 5, que significan la cronología aproximada en años en que aparece el núcleo de osificación indicado. Como no podemos dar cronología exacta para el trocánter mayor (TrM) y para el menor (Trm), quedan éstos sin número. Igualmente quedan sin número, puntos de osificación complementarios de la adolescencia, como el del talón (Tal) y el de la cresta ilíaca superior (Cre).

equilibrio de la extremidad, apreciamos que los puntos principales de la tibia (T) y del peroné (P) no pueden llegar inferiormente hasta la articulación; de aquí que el primer año (1), se forme un punto complementario en la epífisis tibial que se extiende al maléolo interno y que mucho más tarde, por ejemplo al quinto año (5), se establezca en el peroné una osificación complementaria en el maléolo externo.

En cuanto a la rodilla, notemos que el desarrollo óseo se fue haciendo desde el nacimiento, no sólo por el crecimiento de los puntos diafisarios que llegan allí, sino también de los puntos epifisarios (NF y NT), que aparecieron justamente al nacer. Sin embargo, falta el punto de osificación de la rótula, que comienza hacia el primer año (1), y el de la epífisis superior del peroné, bien patente hacia el quinto (5).

En cuanto a la cadera, notemos que por parte del fémur, el punto de osificación principal invadió casi todo el cuello anatómico, faltando aún puntos complementarios, hasta que en la cabeza del fémur aparece en el primer año (1). En los trocánteres mayor y menor (TrM y Trm), la osificación acontece algo después, pero los puntos aparecen con una variación tal que impide aquí aproximar la fecha. Por parte del coxal, notemos que los tres puntos principales de osificación aparecidos embriológicamente crecen de por sí, y acaban reuniéndose a nivel de la cavidad cotiloidea.

En período adolescente resulta práctico considerar puntos de osificación accesoria, para el mejor desempeño de algunas funciones. Tal es el caso del punto accesorio del talón (Tal), que se acabará uniendo al calcáneo, y el de los huesos sesamoideos (Ses), bien manifiestos y siempre independientes, bajo la cabeza del primer metatarsiano y de algunos otros. Más puntos de esta naturaleza corresponden a la osificación que acontece a lo largo de la cresta ilíaca superior (Cre), independiente del punto principal ilíaco (Il).

Hacia la pubertad se sueldan muchos puntos de osificación contiguos, pues las metá-

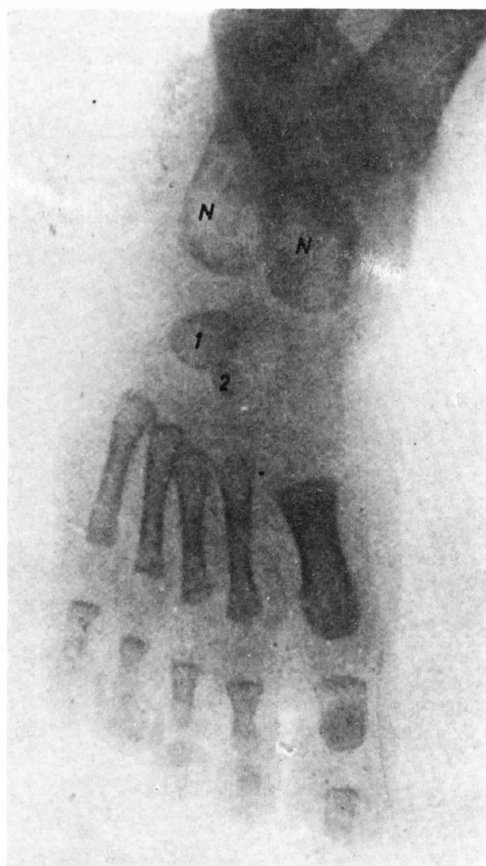


FIG. 283. — Radiografía del pie de un niño de dos años. (2) Tercera cuña.

fisis quedarán agotadas en su función de crecimiento. Debemos de concretar aquí el retraso de la soldadura cotiloidea en la mujer, en relación con el estado de impregnación luteínica, lo que facilita el crecimiento de los cartílagos en esta zona y de la pelvis en general, cosa que no ocurre en el hombre. En el embarazo, en que hay una impregnación luteínica tan manifiesta, si coincide con una deficiencia del nivel del calcio, puede acontecer la circunstancia de que, por efectos de la fuerza de sostén impresa por las extremidades, entre otras causas, se repliegue la pelvis. Tal es el caso de la osteomalacia (figuras 298 y 299).

Hacia la terminación del crecimiento, debemos de considerar la soldadura de todas las metáfisis y, en concreto, de las de la tibia y del fémur, que forman la rodilla. Estas metáfisis han actuado mucho durante todo el desarrollo. En concreto, en la infancia. Por eso, en el caso del raquitismo, en que hay trastornos del metabolismo del calcio en la primera infancia, esta zona es especialmente afectada, máxime por cuanto que en el niño la transmisión de las fuerzas a lo largo de la rodilla todavía no se realiza correctamente, pues la rodilla está todavía muy separada normalmente (fig. 301), lo que determina que sufra mucho la metáfisis superior de la tibia, y ello da lugar a que el crecimiento de este hueso sea curvilíneo hacia afuera (fig. 300).

Distingamos en radiología de extremidad inferior el intersticio claro de un cartílago de crecimiento persistente aún y la interlínea de desprendimiento en una fractura.

Las líneas de fuerza se van estableciendo a lo largo del esqueleto de la extremidad inferior con-

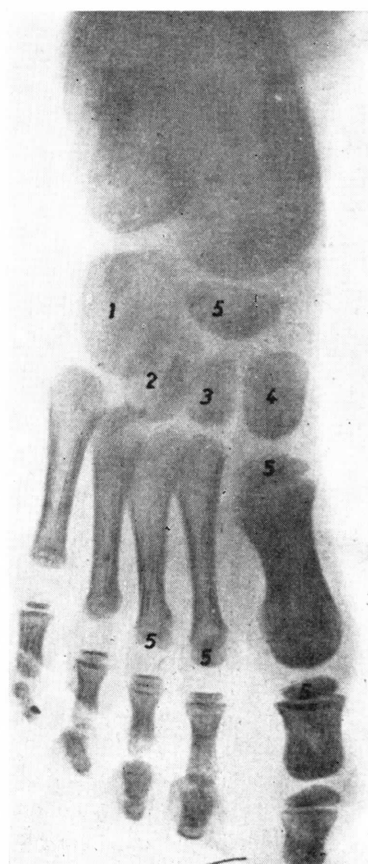


FIG. 284. — Radiografía del pie de un niño de algo más de cinco años. Nótese el número 5 señalando el escafoides, epífisis posterior de las falanges y del primer metatarsiano; también se señala en la epífisis anterior de los cuatro últimos metatarsianos.



Fig. 285. — Radiografía del pie de un niño antes de entrar en adolescencia, donde los puntos complementarios de los metatarsianos y de las falanges todavía no están soldados a los puntos principales.

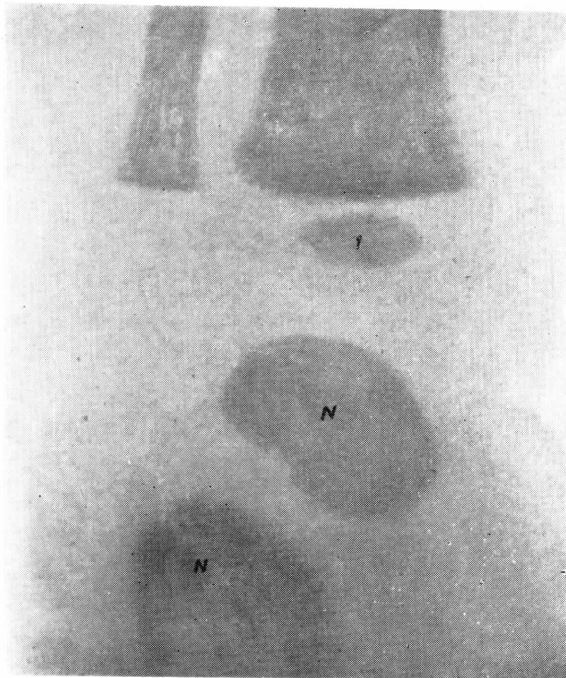


Fig. 286. — Tobillo de un niño de algo más de un año. Se muestra el núcleo de osificación (1) de la epífisis inferior de la tibia.

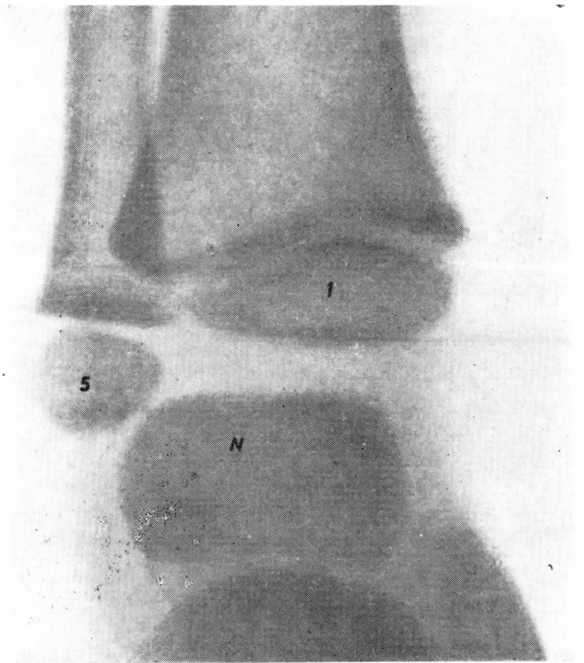


Fig. 287. — Tobillo de un niño de algo más de cinco años mostrando la osificación inferior del peroné (5).

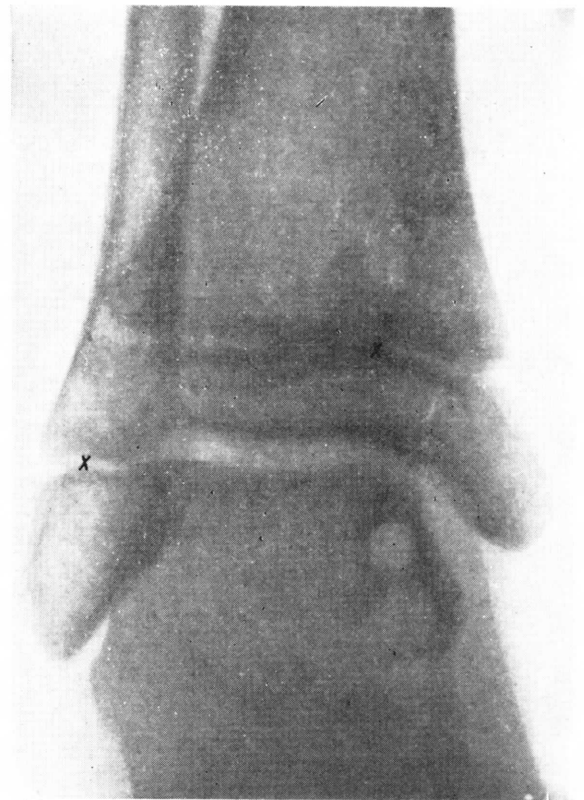


Fig. 288. — Tobillo de un niño hacia la adolescencia, en que las metáfisis tibioperoneales del tobillo (X) están todavía activas.

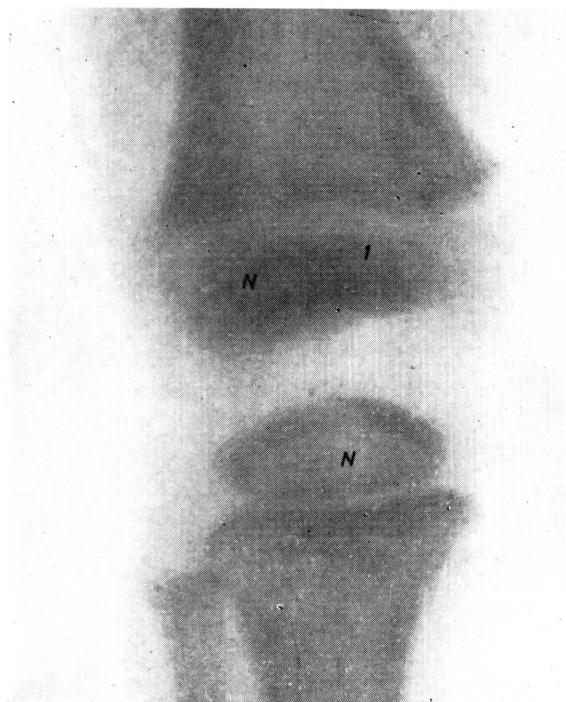


FIG. 289. — Rodilla de un niño de un año aproximadamente, mostrando el núcleo de osificación de la rótula (1).

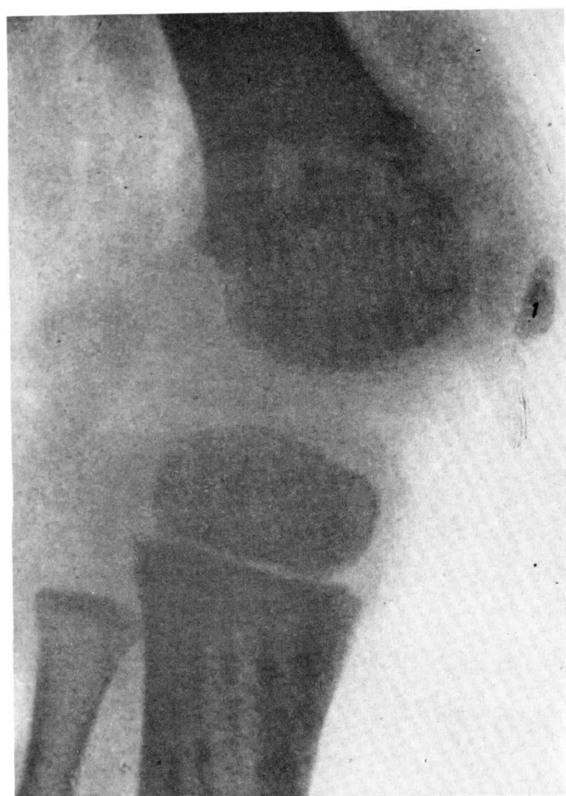


FIG. 290. — Visión lateral de la rodilla de un caso parecido al precedente.

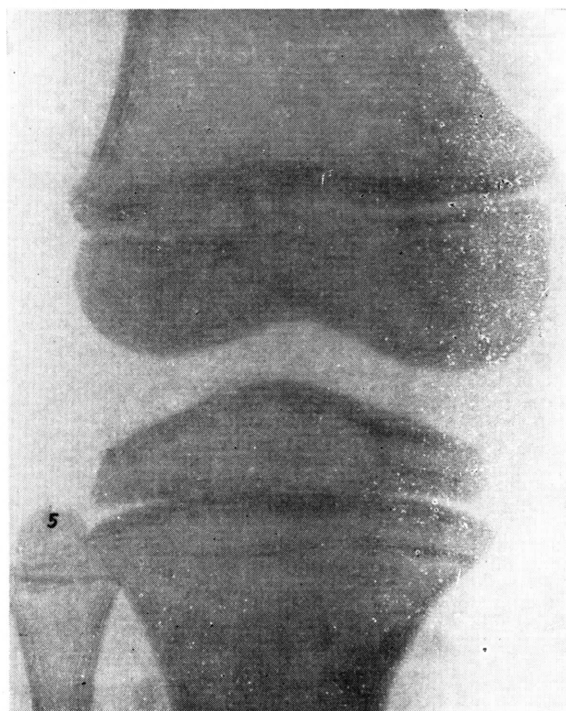


FIG. 291. — Rodilla de frente de un niño de algo más de cinco años mostrando la epífisis superior del peroné (5).

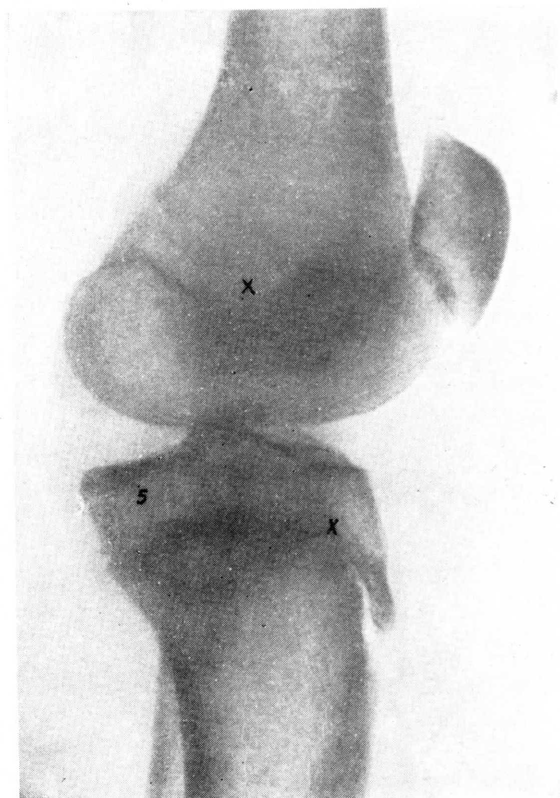


FIG. 292. — Rodilla en visión lateral de un niño hacia el período de la adolescencia, en que las metáfisis en algunas zonas (X) están todavía activas.

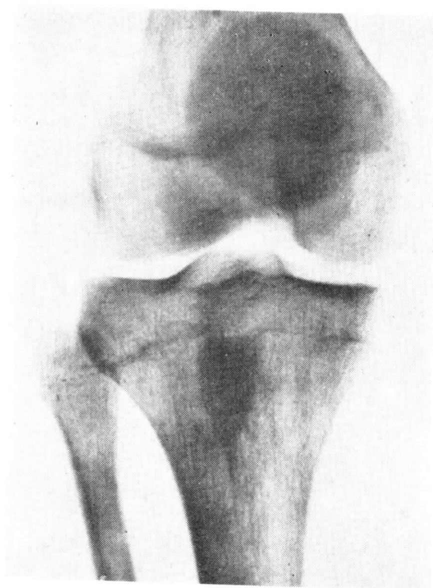


FIG. 293. — Rodilla en período de pubertad, en que las metáfisis prácticamente están terminando su actividad.



FIG. 295. — Cadera en crecimiento, sin llegar posiblemente al período de la adolescencia. Nótese que el trocánter mayor (TM) ofrece aún poca sombra.

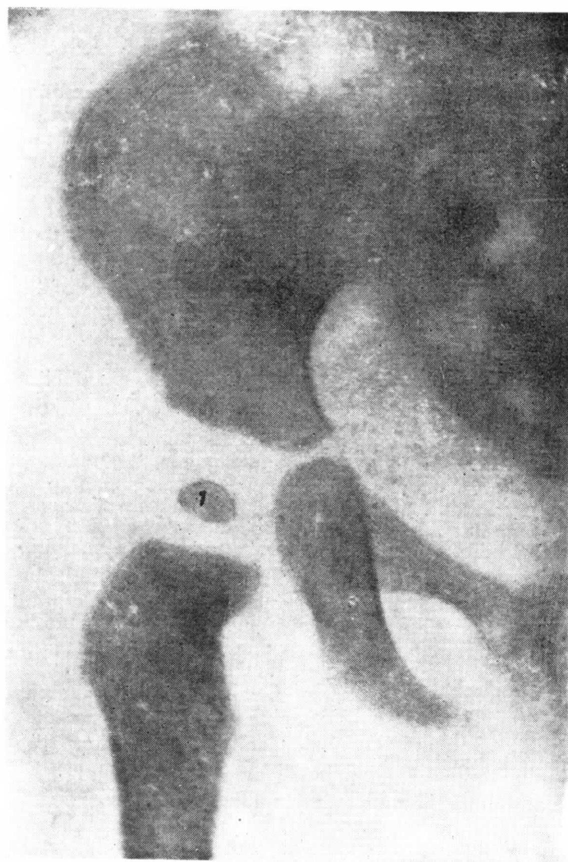


FIG. 294. — Cadera de un niño de algo más de un año, mostrando el punto de osificación de la cabeza del fémur (1).

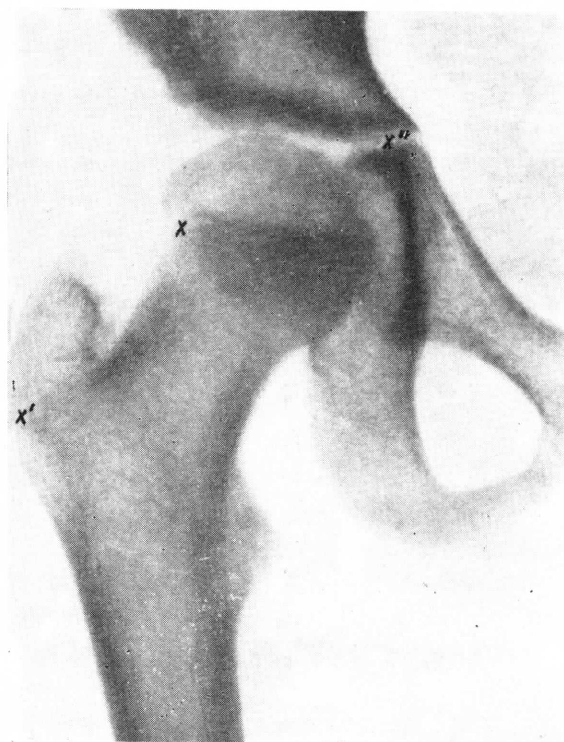


FIG. 296. — Cadera en período de adolescencia. Nótese sin soldar la metáfisis de la cabeza del fémur (X), la del trocánter mayor (X') y la del fondo cotiloideo (X").

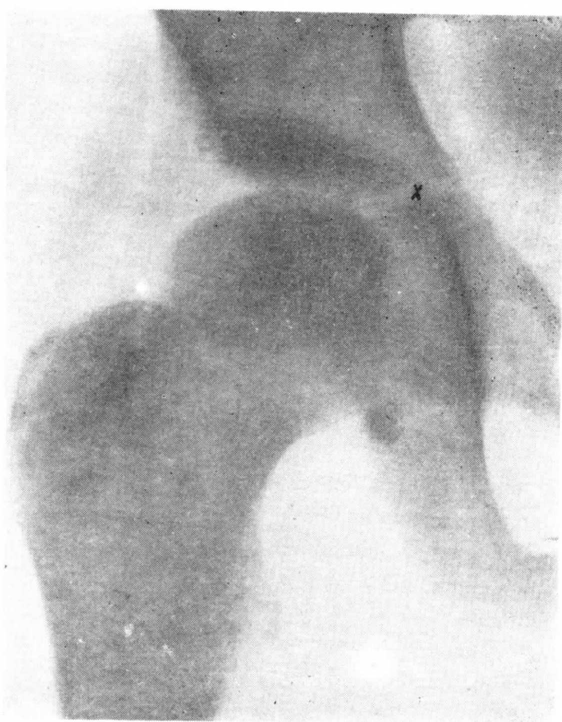


FIG. 297. — Cadera en la pubertad mostrando, todavía sin soldar, el cartílago de crecimiento (X) del fondo cotiloideo.

forme ésta va desarrollando las funciones que le corresponden, a la par que la osificación va culminando. A este propósito, como la arquitectura ósea se encuentra en continua renovación, puede variar con arreglo a las exigencias funcionales que se vayan imponiendo temporalmente.

Una fractura del fémur por la mitad de su cuerpo, es consecuencia lógica de un fuerte traumatismo que apalanque aquí tan largo trayecto. Una fractura de la cabeza del fémur al desprenderse de su cuello anatómico, hace recordar la metáfisis de crecimiento de esa zona y además tener en cuenta que en el anciano es zona especialmente pobre de riego y por lo tanto poco resistente a la propagación de las presiones ejercidas, que puedan fracturar y difícil de regenerar para formar callo después de haberse fracturado.

Un sarcoma, por ejemplo, que pueda aparecer en la matriz de crecimiento esquelético de un adolescente, debe de referirse a las zonas metafisarias de gran actividad, como son las de la rodilla (en fémur y tibia) principalmente, pues tienen que actuar durante largo tiempo, siendo por ello más susceptibles de enfermar.

FIG. 298 FIG. 299

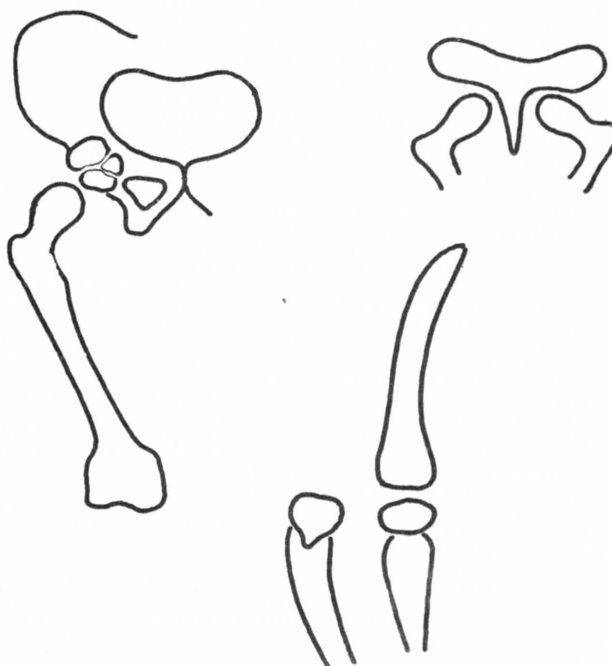


FIG. 300 FIG. 301

FIGS. 298 y 299. — Mecanismo de deformación de la pelvis en la osteomalacia.

FIGS. 300 y 301. — Mecanismo de deformación de la pierna en el raquitismo.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Patrones de crecimiento, antes del nacimiento. Patrones de crecimiento y osificación en el pie, tobillo, rodilla y cadera con especial referencia *desde el nacimiento.* Referencias *en la adolescencia y en la pubertad* de los patrones de crecimiento y osificación en el pie, tobillo, rodilla y cadera. Relación topográfico-cronológica de los patrones de crecimiento y osificación de la extremidad inferior estableciendo unidad.

CAPÍTULO 49

PLANTA DEL PIE = APOYO

Los APOYOS del pie se disponen en la planta como un trípode y corresponden: en primer término, al *talón* (T) (fig. 302) y, por lo tanto, al calcáneo; en segundo término, al *margen externo del pie* (E) y, por lo tanto, al cuarto y quinto metatarsiano prolongados hacia el cuboides; en tercer término, a la *punta del pie* (Pun), centrada en la cabeza del primer metatarsiano. Si el apoyo del cuerpo recae en un solo pie, el centro de gravedad (X) se proyecta entre los tres puntos del trípode, estando el pie elevado aquí, formando una concavidad plantar muy acusada medialmente (Med) y un tanto prolongada distalmente (Dis). Si el apoyo corresponde a los dos pies por igual, entonces el contacto con el suelo ofrece el margen de una circunferencia (en cuyo centro se proyecta en vertical el centro de gravedad X) limitada: por el apoyo de talón (T), por el apoyo externo (o sea, los últimos metatarsianos: E) y por el apoyo del primer metatarsiano. Notemos que la disposición esquelética del pie, para el apoyo, lleva a que su confluencia (fig. 306) resulte a base de pequeños huesos articulados y en situación elevada. A este propósito recordemos (fig. 305) cómo los tres primeros metatarsianos (MI, MII, MIII) van a articularse en un conjunto saliente, con las tres cuñas situadas detrás (Ic, IIc, IIIc) y éstas, a su vez, con escafoides (Es), quedando esto a distancia de la apófisis menor del calcáneo (Apm) por estar allí metida en cuña la cabeza del astrágalo (CabAst). Esta cabeza, sin embargo, no puede forzar plantarmente el espacio escafoideo-calcáneo, por estar fijo aquí mediante el ligamento triangular clásico (LTr) (figura 321); por lo tanto, la cabeza del astrágalo sólo podrá abrir dicho espacio escafoideo-calcáneo por su parte dorsal; en consecuencia, cuanto más actúe, tanto más se deberá intensificar la concavidad plantar. Otro ligamento asegura esta concavidad plantar, pero de menos importancia, como ocurre al ligamento calcáneo-metatarsiano (CMet) (figura 321), que en su trayecto sabe insertarse en el cuboides y convertir en conducto el canal cuboideo (CCu), por donde pasa el peroneo lateral largo para insertarse en la estiloides del primer metatarsiano y, en consecuencia, con-

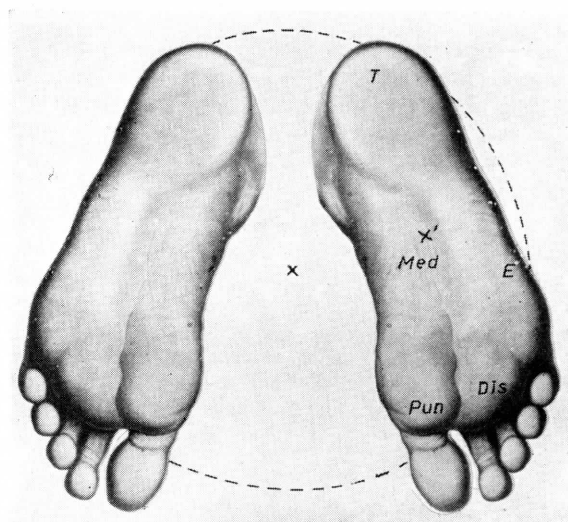
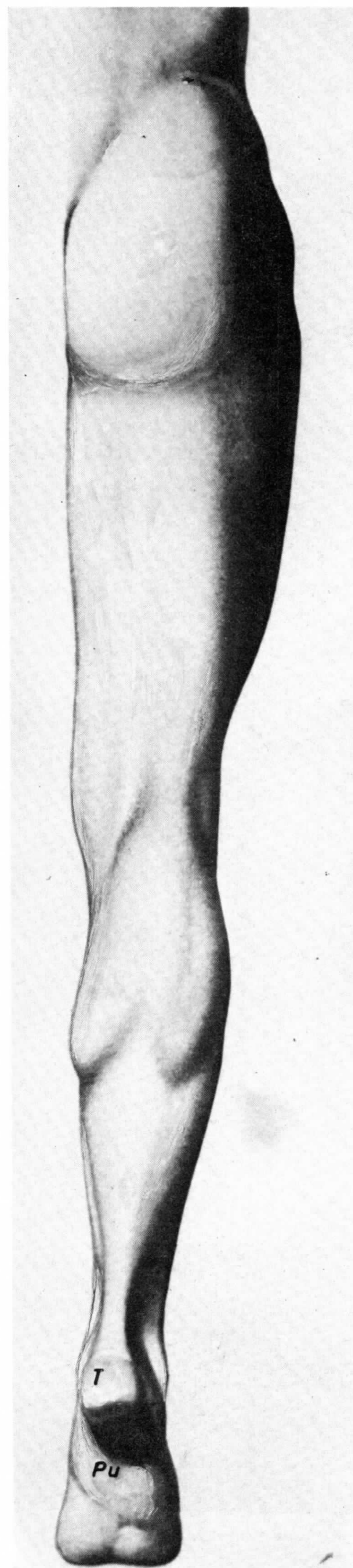


FIG. 302.— Apoyos plantares referidos a un centro de gravedad X cuando actúan los dos pies. El centro X' corresponde al apoyo de un solo pie.

tribuir a mantener la concavización de la planta, aunque en este caso activamente, pues se trata de un músculo.

Las MUSCULATURAS PROPIAS DE LA PLANTA contribuyen activamente a la concavización de la misma para el mejor funcionamiento del apoyo en trípode indicado. En primer lugar, los apoyos anteriores pueden ampliarse por la intervención de los dedos, que habitualmente se encuentran en actitud de garra, retraída dorsalmente y no apoyan. Para que este apoyo pueda efectuarse, es necesario que las primeras falanges puedan ser flexionadas, lo que se consigue mediante un par de tendoncitos traccionados por ambos lados plantarmente. A este propósito consideremos tendones a cada lado de la primera falange de cada dedo. De allí salen en su mayor parte *músculos interóseos,* que rellenan los espacios intermetatarsianos (figura 307). Como el segundo metatarsiano es el más profundo, éste recibirá por cada lado interóseos profundos (o sea dorsales) de la primera falange del segundo dedo. A ambos lados del tercer metatarsiano hay también interóseos para tirar de la primera falange del tercer dedo, notando que el interóseo externo puede ser profundo (dorsal); en cambio, el interóseo interno tiene que ser más superficial (plantar P). A ambos lados del cuarto metatarsiano caen también interóseos; el interóseo externo puede hacerse profundo, pero el interóseo interno tiene que quedarse plantarmente (P). Por último, a ambos lados del quinto metatarsiano tenemos también musculaturas: un interóseo interno que tiene que ser plantar (P); externamente, en cambio, no puede haber interóseos, sino músculos de diverso matiz, como el *flexor oponente del quinto dedo* (FlV) y el *separador del quinto dedo* (SpV) (figs. 307 y 308), que establecerán la debida acción. Queda, por último, el primer metatarsiano, que no



→

FIG. 303. — Nótense, cardinalmente opuestos, el apoyo de la punta del pie, que realiza una presión regulable, mientras que el apoyo del talón está en el aire. El puente (Pu), intermedio, está bien marcado. En estas condiciones, la elasticidad en el apoyo es máxima.

puede recibir propiamente interóseos, sino diversas musculaturas que realicen la acción flexora, mucho más ampliada por su circunstancia de apoyo obligado. Está el *flexor corto del primer dedo* (FlI), que insertándose en ambos sesamoideos de su articulación metatarsofalángica, llega hasta la primera cuña. Este músculo está reforzado por el llamado *separador del primer dedo* (SpI), que hace la misma tracción, pero con un trayecto mucho más largo que llega hasta el cuboides (figura 310). Otro músculo análogo va al fondo de la planta, el llamado aproximador con dos fascículos (fig. 308): *aproximador oblicuo* (ApO) y *aproximador transverso* (ApT), cuyas inserciones respectivas en el cuboides y en las cabezas de los metatarsianos hacen que la acción flexora digital que venimos considerando, y que ahora la estamos refiriendo al dedo gordo, se matice fuertemente como acción aproximadora, que lleva en consecuencia a la mayor concavización de la planta del pie, tanto en el sentido transversal como en el sentido longitudinal, matiz de

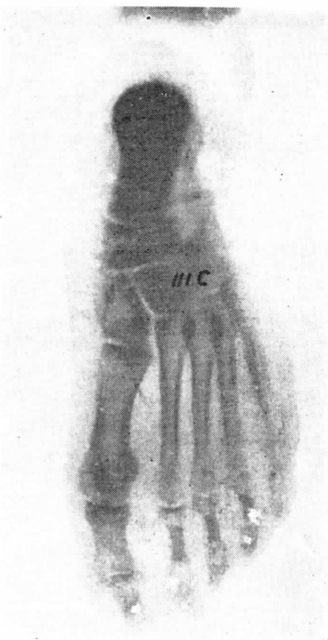


FIG. 304. — Radiografía plantar del pie derecho mostrando las interlíneas articulares bien reconocibles. La tercera cuña (IIIC), en cambio, ofrece perfiles de superposición con el cuboides, segunda cuña y metatarsianos, siendo en esta posición radiográfica la más difícil de apreciar.

concavización que, si bien en este músculo aproximador está muy desarrollado, también existe, aunque en pequeña proporción, en los restantes músculos de la planta, como son los interóseos metatarsianos, ya referidos en principio.

La concavización de la planta del pie se intensifica más aún ejerciendo fuerzas de tracción directas en los apoyos. En este caso, hay MUSCULATURAS FUERA DE LA PLANTA que por necesitar gran desarrollo se escapan hacia la pierna. Tal es el caso del *flexor largo del primer dedo* (Fl 1.º) (figs. 308 y 309), que se inserta en la última falange; el *tibial posterior* (TiP) (fig. 309), que ayuda a esta tracción insertándose en el escafoides; el *flexor común largo* de los dedos (Flc), que se inserta en las últimas falanges del segundo, tercero, cuarto y quinto dedo, y también se escapa hacia la pierna, teniendo que cruzar los dos precedentes tendones. Este cruzamiento sabemos que obliga a un cambio brusco de dirección, que tiene que ser corregido por el *músculo flexor accesorio* o cuadrado (FaC) (fig. 309). Este último músculo y algunos otros más forman un GRUPO ACCESORIO. A este propósito, no nos olvidemos que entre los tendones de este flexor común largo de los dedos existen los *músculos lumbricales* (figs. 309 y 310), que van a la región dorsal, estableciendo una interrelación flexor-extensora de los dedos de gran precisión.

Totalmente en superficie, tenemos otro músculo del grupo acesorio que tendido longitudinalmente actúa flexionando los dedos, contribuyendo también a la concavización plantar. Es el llamado *músculo flexor corto plantar* (FcP) (fig. 310), que tira de los dedos al insertarse en las segundas falanges mediante tendones perforados que van a dejar paso a los tendones perforantes flexores largos ya indicados; hacia atrás, el flexor corto plantar se inserta en el calcáneo. Este músculo es relativamente pequeño y está muy reforzado por una aponeurosis en superficie llamada aponeurosis plantar media (ApPl), aponeurosis dispuesta de por sí para mantener también la concavidad plantar.

Notemos la INERVACIÓN MOTORA que aparece en la garganta del pie bajo el astrágalo

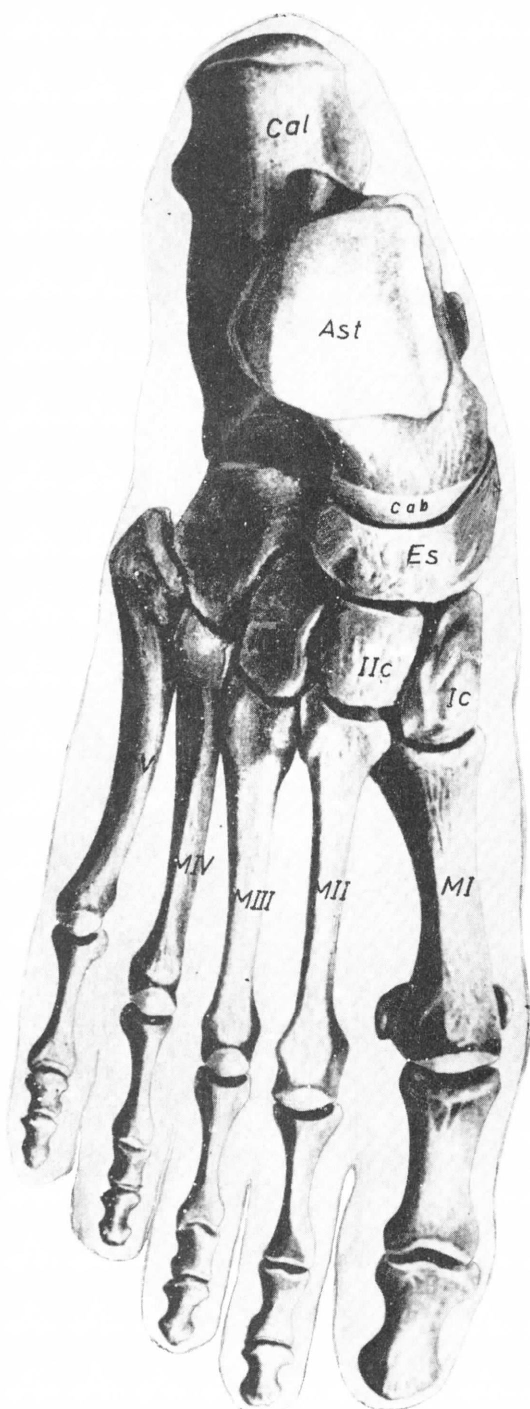


FIG. 305

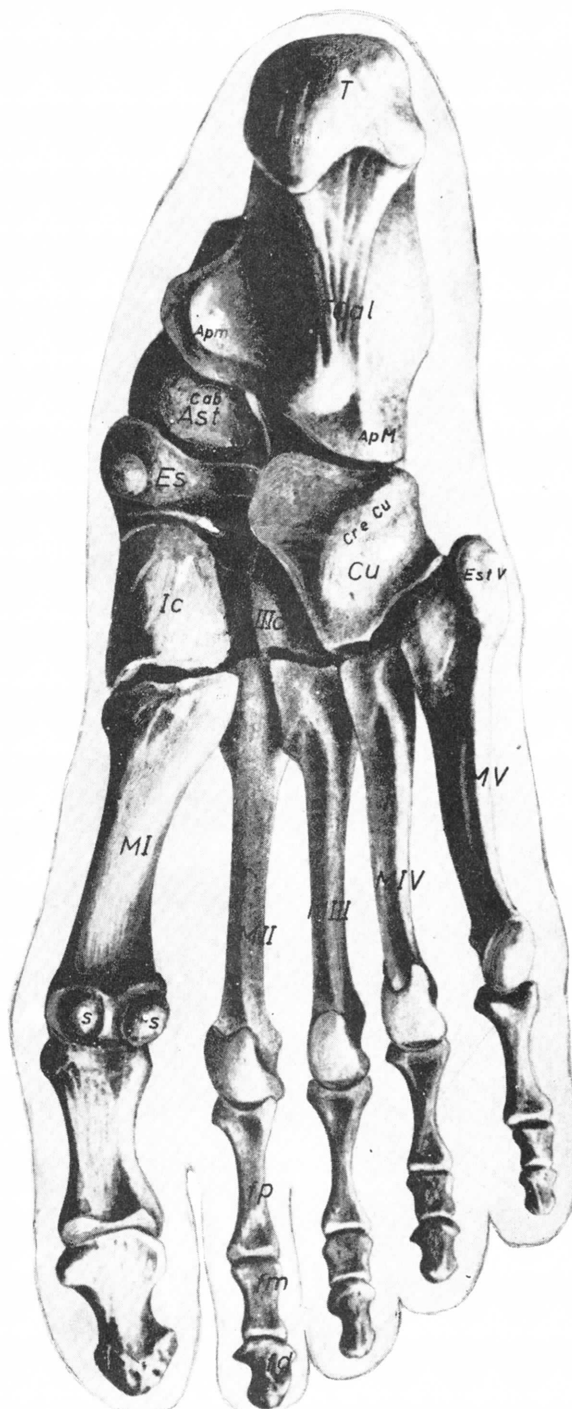


FIG. 306

FIGS. 305 y 306. — El esqueleto del pie representado dorsal y plantarmente. Cada hueso ostenta las iniciales que le corresponden.

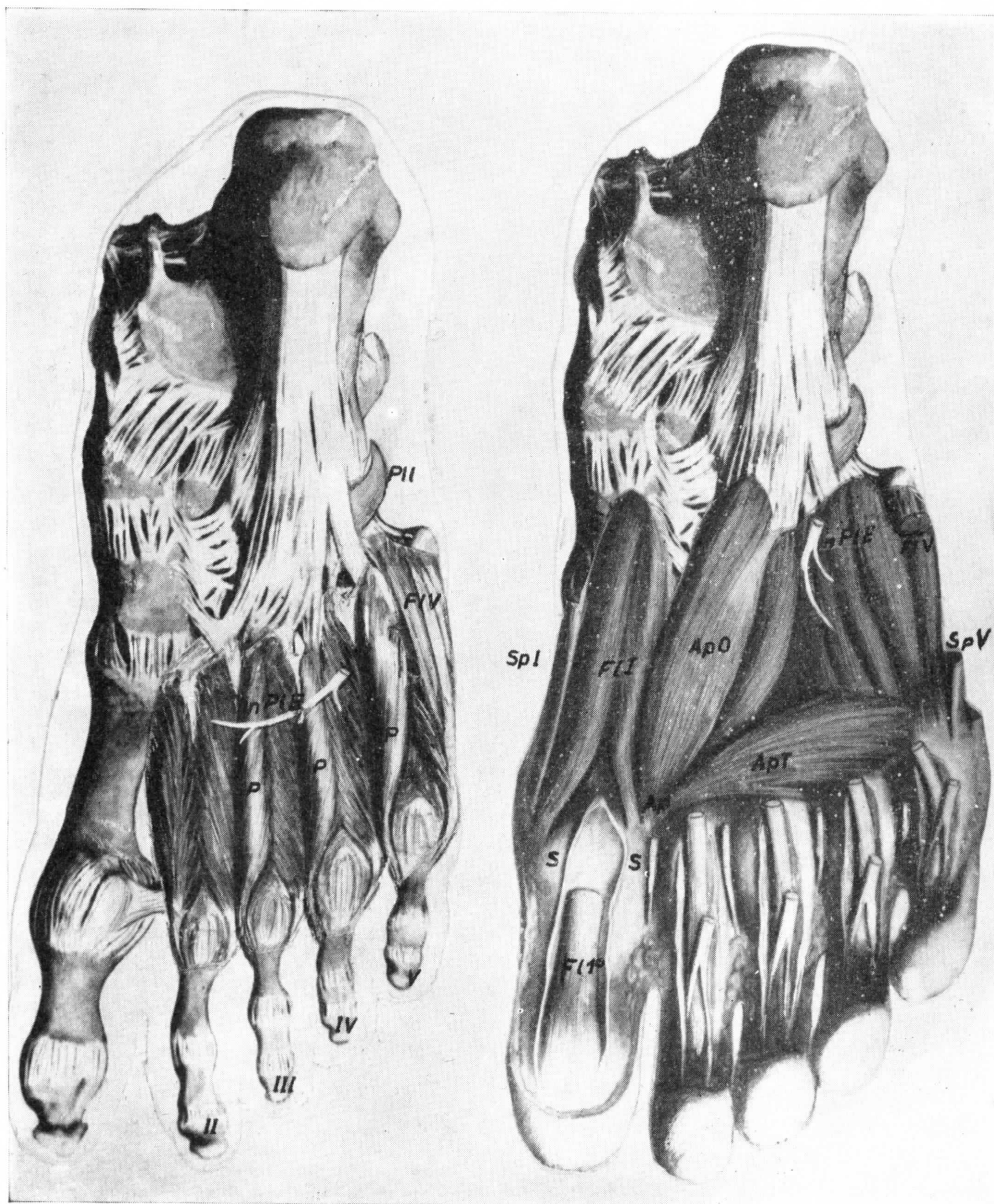


FIG. 307. — Mostrando los músculos interóseos metatarsianos, flexores de la 1.ª falange.

FIG. 308. — Sobre el panorama precedente se han colocado musculaturas flexoras y aproximadoras del dedo gordo.

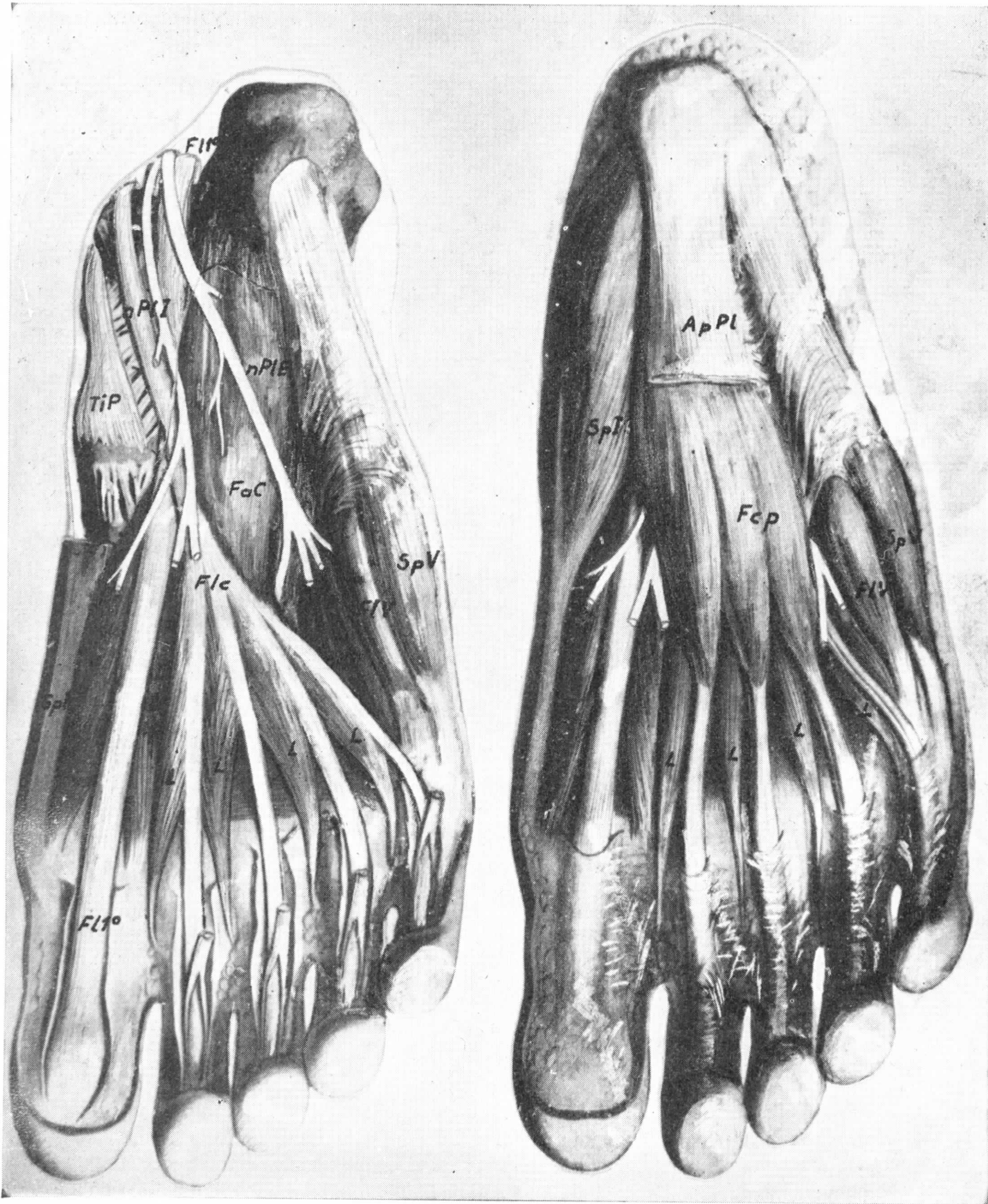


FIG. 309. — Músculos flexores largos procedentes de la pierna, por la garganta del pie, acompañados de los nervios plantares.

FIG. 310. — Toda la musculatura de la planta del pie está conservada. Únicamente la aponeurosis plantar media ha sido resecada en su mitad anterior.

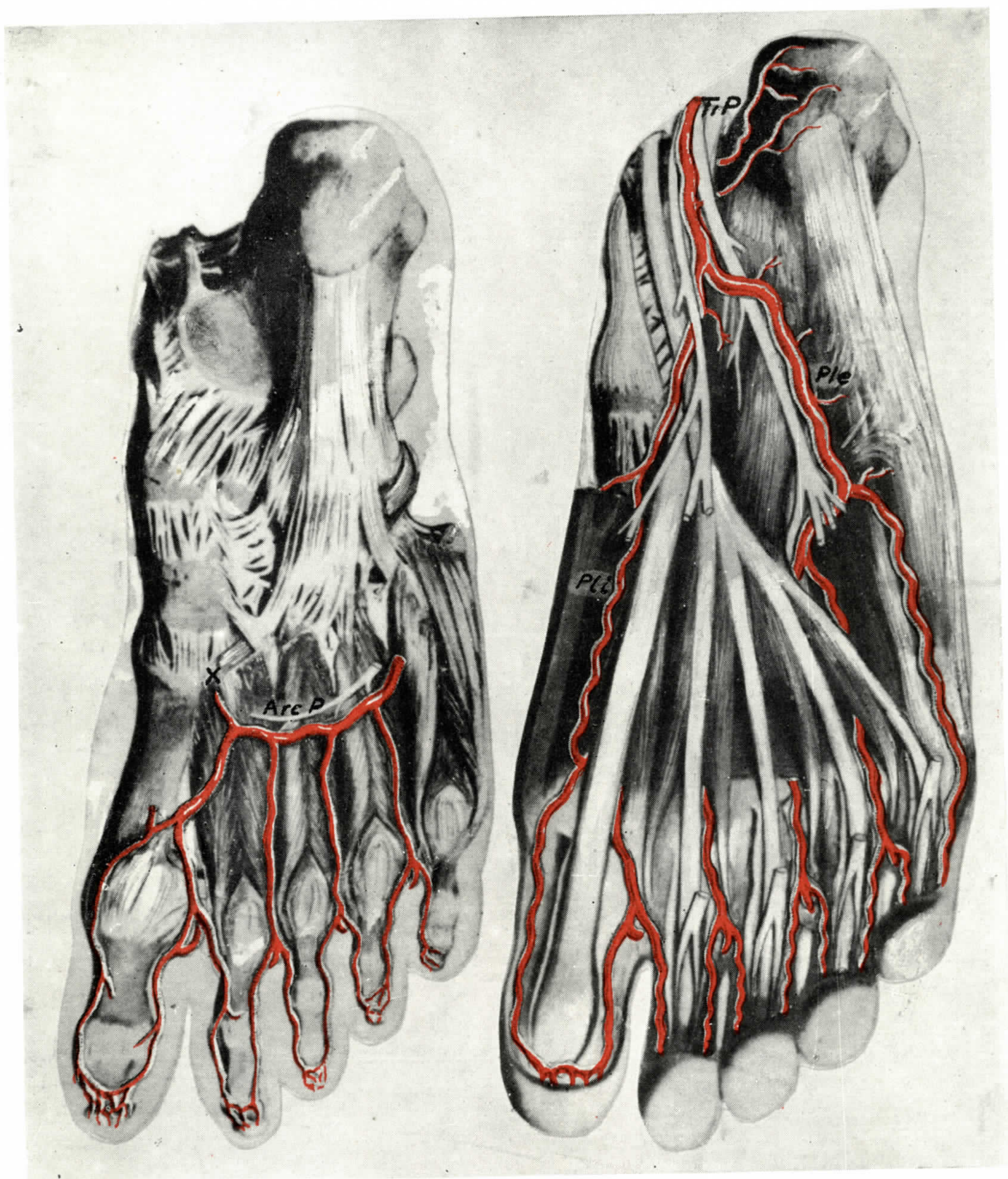


FIG. 311 FIG. 312

FIGS. 311 y 312. — Arterias de la planta del pie.

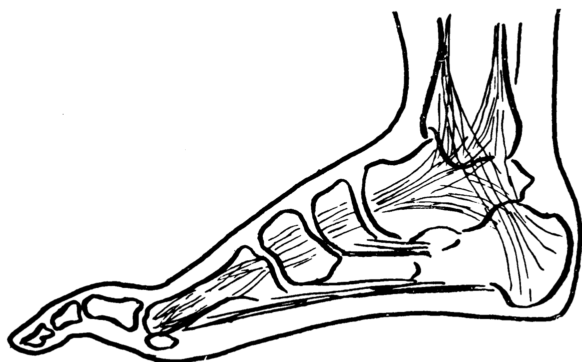


FIG. 313



FIG. 314

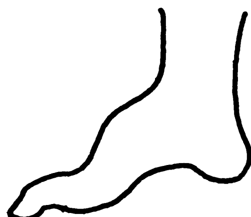


FIG. 315

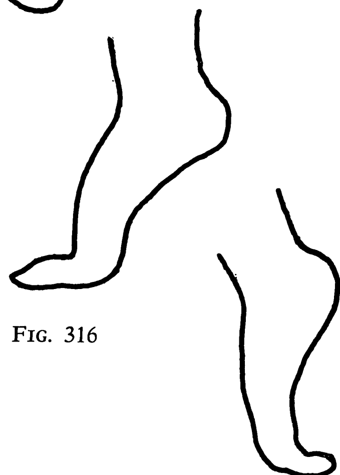


FIG. 316

FIG. 317

FIGS. 313, 314, 315, 316 y 317. — Comparación de los perfiles de apoyo plantar del pie normal, del pie plano, del pie cavo, del pie equino y del pie varoequino, respectivamente.

aprovechando el fácil paso que proporciona la situación alta en el puente, y que se manifiesta en el *nervio plantar externo* (nPlE), que se distribuye por casi todas las musculaturas, y el *plantar interno* (nPlI), que sólo va a inervar el separador y flexor corto del dedo gordo. Observemos igualmente las ARTERIAS PLANTARES a partir de la tibial posterior (TiP) (fig. 312), notando la *plantar externa* (Ple) acompañando al nervio y ofreciendo un amplio desarrollo que llega inclusive a dar un arco plantar (ArcP) (fig. 311), situado profundamente. Igualmente, tenemos la arteria *plantar interna* (Pli) (fig. 312), de escaso desarrollo. Advirtamos, por último, los nervios plantares sensibles, como el plantar interno de gran desarrollo (PlI) (figura 335) y el plantar externo de escaso desarrollo (PlE); por lo tanto, inversamente a como ocurre a los nervios plantares motores.

La PATOLOGÍA DE LA PLANTA es la patología del apoyo. Si la planta normal (fig. 313) cede o, lo que es lo mismo, los apoyos se abren, entonces se derrumba la concavidad y el paquete vasculonervioso de la planta queda comprimido bajo el astrágalo, estableciéndose el *pie plano*, que dificulta la marcha (figura 314). Ello puede ser debido a un aflojamiento de los tejidos y musculaturas de la planta, bien desde antes del nacimiento o bien por parálisis de los nervios plantares. Un trastorno opuesto es la excesiva retracción de los apoyos y concavidad de la planta, lo que puede llevar al llamado *pie cavo* (fig. 315), al *pie equino* (fig. 316) o al *pie varoequino* (fig. 317), que es la máxima graduación de retracción plantar.

La organización del pie para el apoyo llevada al campo de la fisiopatología queda resumida en dos segmentos longitudinales completamente independizables por manipulaciones de Anatomía Quirúrgica: Uno es el segmento externo del pie o segmento de apoyo fundamental que, incluyendo los ejes de los dos últimos dedos, así como el cuboides y calcáneo que continúan hacia atrás, puede independizarse mediante una incisión longitudinal, desde la planta al dorso, que abarque todo el espesor del pie y respete así la integridad neuromuscular de la región, lo mismo que el aporte vascular fundamental. El otro es el segmento interno del pie o segmento amortiguador del peso, que conserva

para sí todo el dispositivo elástico del puente, como es el esqueleto que le corresponde, en especial el ligamento calcáno escafoideo y los músculos largos principales que mantienen la concavidad. En esta posibilidad de independencia de ambas mitades del pie (véase capítulo 35) puede actuarse con un criterio puramente fisiológico para tratar un pie plano, un pie cavo, en fin, una tuberculosis ósea de la articulación de la zona, etc. Tal proceder, que recuerda aquellas normas de fisiopatología quirúrgica de SAUERBRUCH, constituyó una lección magistral de ortopedia tarsiana en el mismo campo operatorio que un grupo de alumnos (entre los que se encontraba el que suscribe) aprendieron de D. Ricardo LOZANO MONZÓN en 1933, entonces Catedrático de Patología Quirúrgica de Zaragoza (véase capítulo 54), quedándoles tan intensa huella que ahora debe recordarse.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

PLANTA DEL PIE: Apoyos = Trípode plantar. *Concavización pasiva de la planta.* Ligamentos plantares. *Concavización activa de la planta.* Pequeñas musculaturas de la planta. Acciones sobre la punta del pie = Sistema neuromuscular largo de la planta del pie. Pie plano. Pie cavo. Pie equino. Pie varoequino. Ligamento triangular = Ligamento astrágalo-escafoideo. Ligamento calcáneo-cuboideo metatarsiano. Tendón plantar del peroneo lateral largo. Músculos interóseos metatarsianos (plantares y dorsales). Músculo flexor-oponente del quinto dedo. Músculo separador del quinto dedo. Músculo flexor corto del primer dedo. Músculo aproximador (oblicuo y transverso) del primer dedo. Músculo flexor largo del primer dedo. Músculo flexor largo común. Músculo flexor accesorio = Cuadrado plantar. Músculo flexor corto plantar. Nervios plantares. Arterias plantares. Aponeurosis plantar.

CAPÍTULO 50

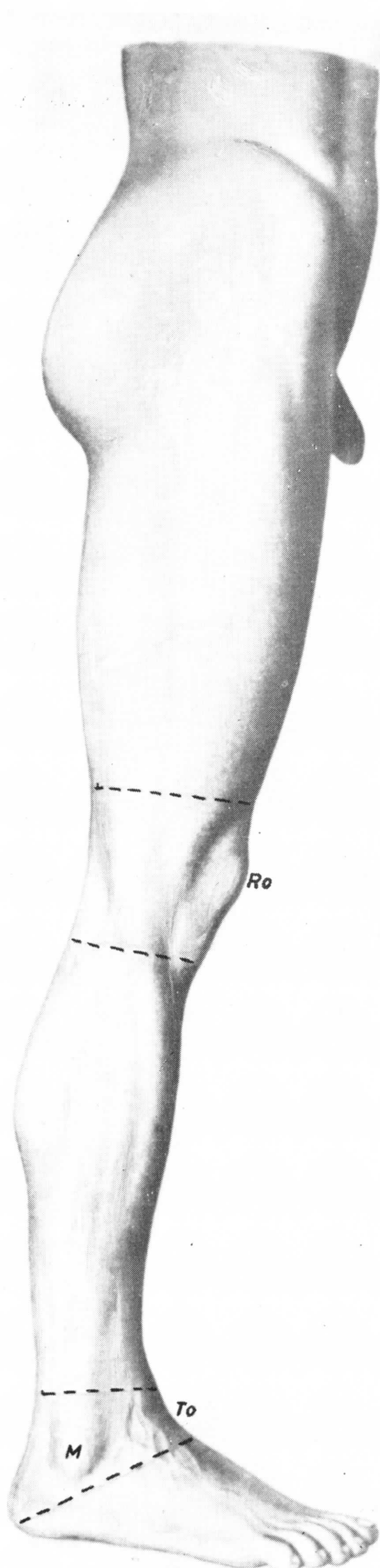
TOBILLO Y PIERNA = REGIONES DEL EQUILIBRIO

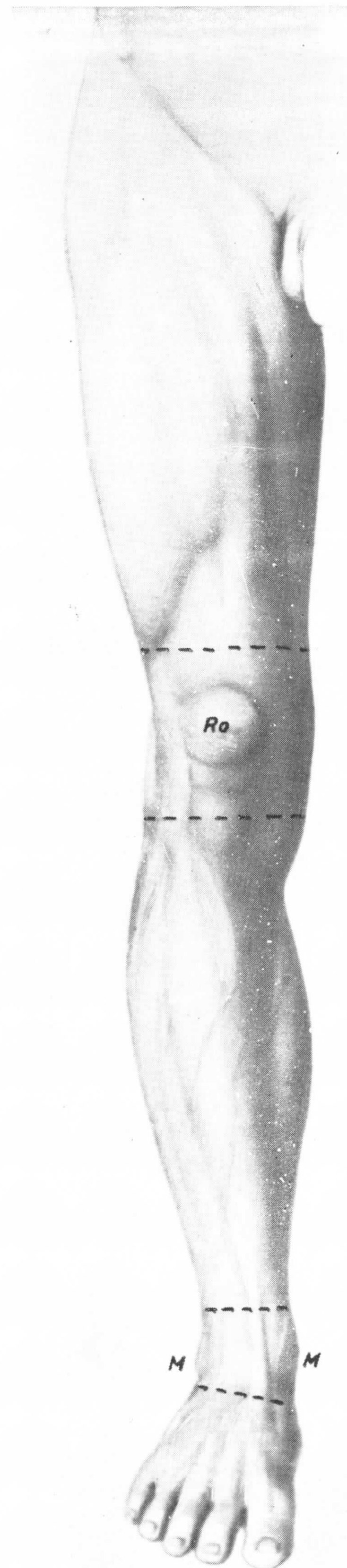
El peso del cuerpo, transmitido como línea de fuerza hacia la planta del pie, pasa a lo largo de la PIERNA Y TOBILLO. Aquí, el tobillo, como articulación que es, juega una serie de movimientos, traducidos en balanceos de la extremidad, destinados al equilibrio. Este balanceo es causado fundamentalmente por la contracción de los músculos de la pierna, acusándose entonces su relieve bajo la piel (fig. 318 y 319).

La *articulación del tobillo,* dispuesta como una mortaja que pinza lateralmente al astrágalo y que lo deja deslizarse de delante atrás, ofrece salientes los *dos maléolos* (fig. 324), que son las ramas de la pinza del tobillo y que están sujetos por fuertes *ligamentos laterales:* el ligamento lateral interno, llamado deltoideo por su forma, está muy adaptado a la articulación; en cambio, el ligamento lateral externo está dispuesto en tres fascículos largos: ligamento peroneo astragalino anterior (Pe as a), posterior (Pe as p) y peroneo calcáneo (Pe cal) (fig. 320). Éstos están separados de la cápsula articular; por eso, aunque son muy resistentes, el ofrecer inserciones a distancia motiva que la articulación del tobillo sea aquí distendible; sin embargo, la fuerza de estos tres ligamentos ante un traumatismo es tal, que suelen resistir, rompiéndose antes el mismo maléolo externo (MalE) (fig. 320) que los sujeta. La luxación de tobillo que resulta entonces, cae en el campo de la patología; sin embargo, en estado normal distinguimos un movimiento análogo cuando dicha articulación se distiende hacia adentro. No olvidemos que este movimiento lateral del tobillo (talón hacia adentro) se realiza normalmente, por la interlínea de la articulación entre el astrágalo y el calcáneo, mantenida por el ligamento interóseo y limitada en su ladeamiento por un ligamento a distancia: el ligamento astragalocalcáneo (As cal).

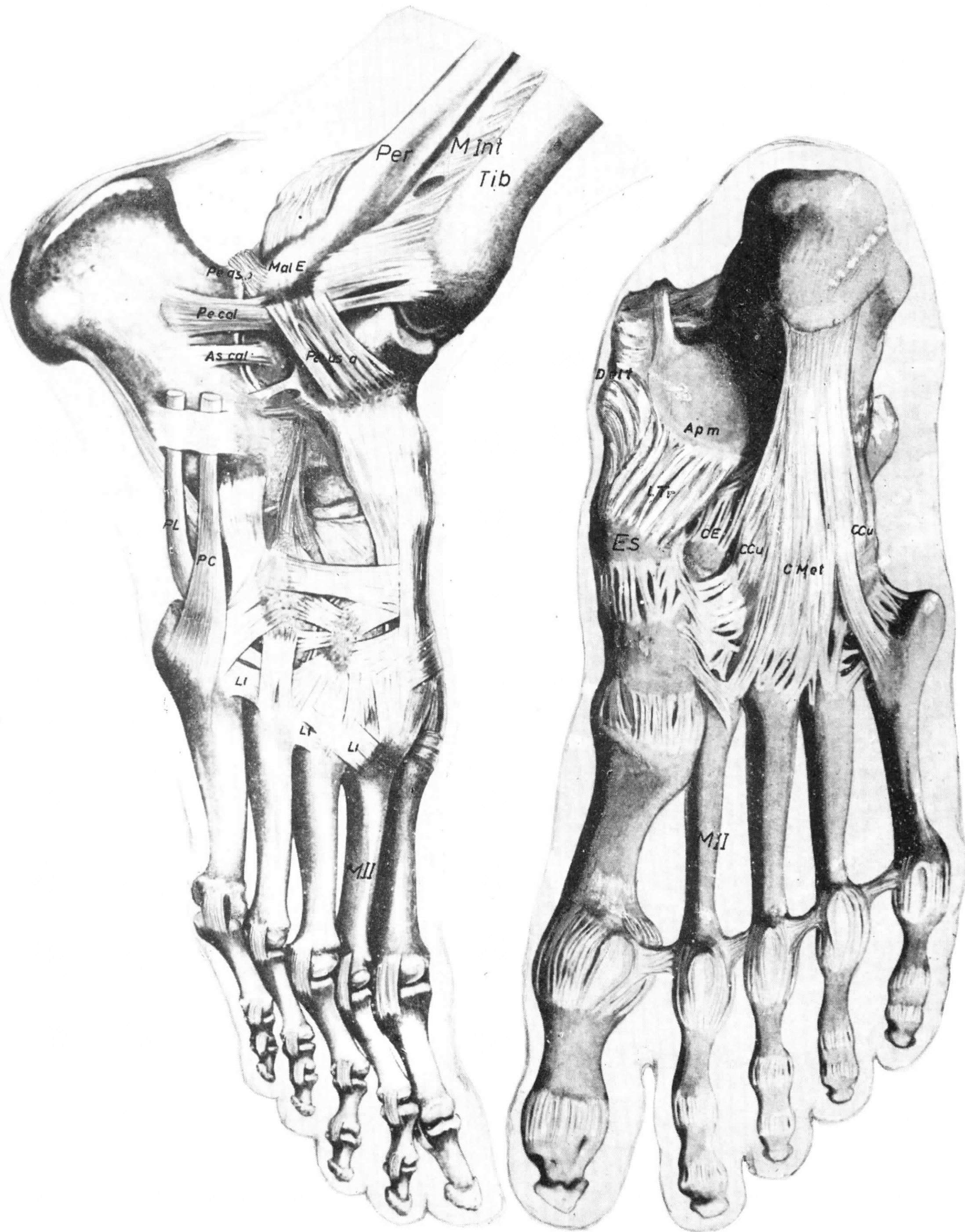
Los movimientos del tobillo que llevan al balanceo para mantener el equilibrio se realizan por músculos que traccionan de los apoyos del pie. La *presión de los apoyos anteriores* contra el suelo se logra mediante el *músculo flexor largo del dedo gordo* (Fl1.°) (fig. 327), cuyo tendón, inserto en la última falange, camina por la garganta del pie, llegando a la pierna para insertarse en el peroné; de esta suerte, la pinza maleolar externa del tobillo se adapta más fuertemente a la articulación. A este músculo le ayuda en su acción el *tibial posterior* (TiP), que, insertándose en la primera cuña plantarmente, tira hacia arriba formando un vientre que acaba en el espacio interóseo tibioperoneal y en las partes óseas que lo limitan. Tenemos un nuevo músculo, el *flexor común,* que ayuda también en la presión del apoyo de la punta del pie y cuyo vientre (FlC) llega hasta el único sitio libre que le queda en la tibia; por lo tanto, ha de cruzar a los otros dos músculos.

La presión de los apoyos anteriores del pie contra el suelo puede realizarse también, indirectamente, traccionando del talón hacia arriba mediante el *tendón de Aquiles* (Aq)





Figs. 318 y 319. — La pierna y el tobillo, integrando la extremidad inferior, se encuentran en posición de transmitir el peso del cuerpo vertical. Casi todas las musculaturas ofrecen tensión, suficiente para hacer relieve bajo una piel de poco espesor grasiento. Aparte distingamos la encrucijada del tobillo (To) referido a los maléolos (M) y limitado por planos convencionales (líneas de puntos), que pasan un través de dedo por encima y por debajo de los maléolos; el límite inferior está dispuesto oblicuo desde la cabeza del astrágalo al vértice del calcáneo.



FIGS. 320 y 321. — Nótese en el esqueleto del pie el manojo ligamentoso lateral externo del tobillo con sus tres fascículos largos, así como los tendones cortados del peroneo lateral largo (PL) y del pero-

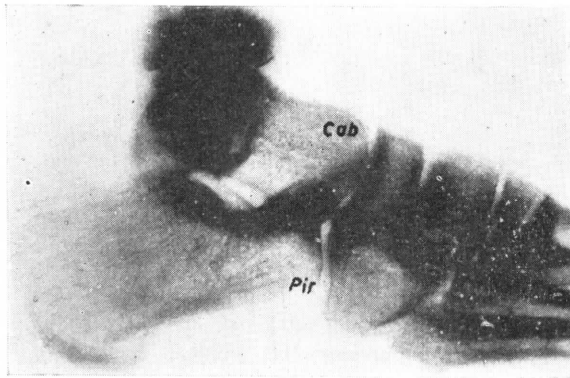


Fig. 322

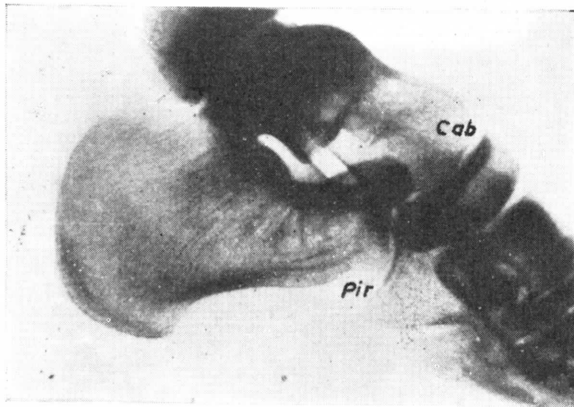


Fig. 323

Figs. 322 y 323. — Radiografías laterales externas del tobillo, con normal apoyo de toda la planta y en posición de apoyo de la punta del pie, respectivamente. Nótese en ambos casos la dirección de las líneas de fuerza, radiadas desde la sombra tibial hacia los puntos de apoyo en la planta. Nótese que cuando apoya la punta (fig. 323) y hace presión activa, la concavidad de la planta se acentúa, llegando más hacia atrás la apófisis piramidal del calcáneo (Pir) y sobresaliendo por delante, en compensación, la cabeza del astrágalo (Cab).

---

neo lateral corto (PC). Nótese igualmente el ligamento astrágalo, calcáneo (As cal). Formaciones todas destinadas a organizar los movimientos laterales del tobillo. El esqueleto de la planta del pie ofrece los ligamentos que mantienen la concavidad de la misma. Obsérvese que el ligamento triangular (L Tr) se va a continuar con el ligamento deltoideo (Delt), que es ligamento interno de la articulación del tobillo.

(fig. 328). En este caso, el talón se eleva y el individuo queda de puntillas, cosa útil, tanto para amortiguar la caída como para impulsar la marcha y el salto. El tendón de Aquiles se continúa mediante el *sóleo* (Sol) que va a insertarse en las partes de tibia y de

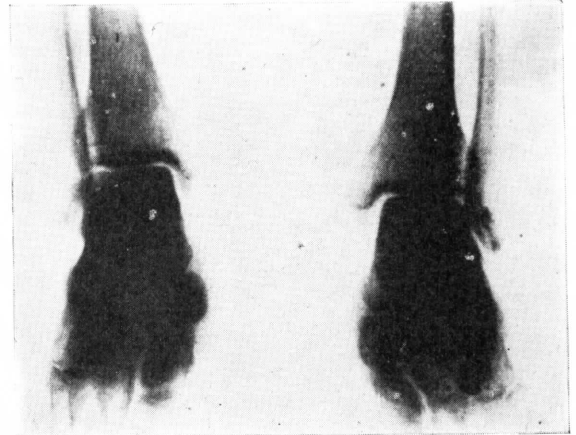


Fig. 324

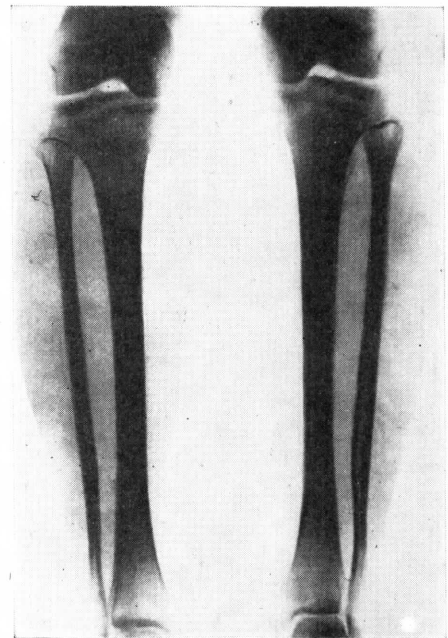


Fig. 325

Figs. 324 y 325. — Nótese la pinza maleolar abrazando lateralmente la sombra astragalina y dejando un cierto margen para movimientos laterales del tobillo. Dicha pinza peroneotibial puede separarse algo, sin apenas acentuarse la divergencia de los maléolos, pues las ramas de la pinza tibioperoneal son muy largas y su misión superior está en la misma rodilla.

peroné y que, en forma de líneas oblicuas, se ofrecen libres inmediatamente encima de la inserción de los tres músculos profundos referidos en el párrafo anterior. Entre la inserción tibial y la peroneal queda un puente fibroso llamado anillo del sóleo, por donde pasa el *nervio ciático poplíteo interno* (nCPI), que va a encargarse de la inervación de todas las musculaturas indicadas, para lo cual se convierte en *nervio tibial posterior* a lo largo de la pierna y después en *nervios plantares* a nivel de la planta del pie. Por el anillo del sóleo también pasa la *arteria poplítea* (ArPo) (fig. 332). Notemos que el paquete vasculonervioso debe de poseer también una *vena poplítea* intermedia (no representada en las figuras). Además, dicho *paquete vasculonervioso poplíteo* se encuentra entre dos masas musculares, como es el *músculo poplíteo* (Pop) (fig. 327), situado profundamente hasta el cóndilo externo, y el *músculo delgado plantar* (dp), que se encuentra más en superficie y que llega también al cóndilo externo, pero con un largo tendón, hasta unirse al mismo tendón de Aquiles. Entre estas dos masas musculares, camina el paquete poplíteo, de tal manera que la flexión de la rodilla no se transmita bruscamente a dicho paquete (evitando su quebradura), merced a la contracción de las dos masas musculares que lo protegen. A todo esto, se suman nuevas musculaturas que aumentan la capacidad de tracción del tendón de Aquiles, correspondiente a los *gemelos interno* y *externo* (GeI y Ge E) (fig. 329), que terminan en los cóndilos del fémur y que, con él sólo, forman juntos el tríceps sural.

La presión del apoyo de la punta del pie contra el suelo la siguen realizando otros músculos a pesar de estar situados en la parte externa. Se trata del *peroneo lateral corto* (PC) (fig. 330) que se inserta en la estiloides del quinto metatarsiano y del *peroneo lateral largo* (PL) (fig. 330) que se inserta plantarmente en la estiloides del primer metatarsiano (PL) (fig. 327). Veamos los dos tendones ascender por detrás del maléolo externo y formar vientres musculares terminando en la cara externa del peroné, estando el vientre del músculo peroneo lateral corto

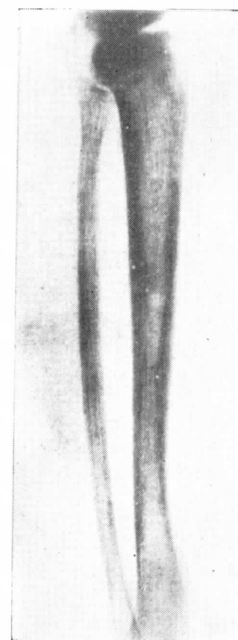


FIG. 326. — La radiografía de la pierna, lateralmente, ofrece un peroné poco tapado por la tibia, ya que aquél está incurvado hacia atrás, para mejor actuación de los músculos que se insertan en él.

cubierto por el del músculo peroneo lateral largo, el cual llega hasta la misma cabeza del peroné (figs. 327 y 331). Dichos peroneos así evitan además la luxación externa del tobillo.

El *aflojamiento de los apoyos anteriores* del pie (elevación de la punta), que es en el movimiento contrario al que venimos considerando, se debe a la acción de los músculos anteriores de la pierna, que (figs. 330 y 331) debemos de recordar así: *peroneo anterior* (PA), inserto en la estiloides del quinto metatarsiano; *extensor común* (EC), inserto en los cuatro últimos dedos; *extensor propio del dedo gordo* (EG), inserto en el primer dedo; *tibial anterior* (TA), inserto en la primera cuña; puntos todos desde donde traccionan las respectivas musculaturas para terminar en zonas determinadas de tibia de peroné y de ligamento interóseo (volumen 1.º). A estas musculaturas hay que añadir el *pedio* (Ped), que se inserta en el dedo gordo y en los tendones extensores del segundo, tercero y cuar-

⟶

FIGS. 327, 328 y 329. — Tres aspectos de reconstrucción neuromuscular de la parte posterior de la pierna y pie, mostrando en la primera figura los planos más profundos y su continuidad con la planta. Nótese en las dos últimas figuras una reconstrucción ordenada del tríceps y, en general, de las musculaturas que confluyen en el espacio poplíteo.

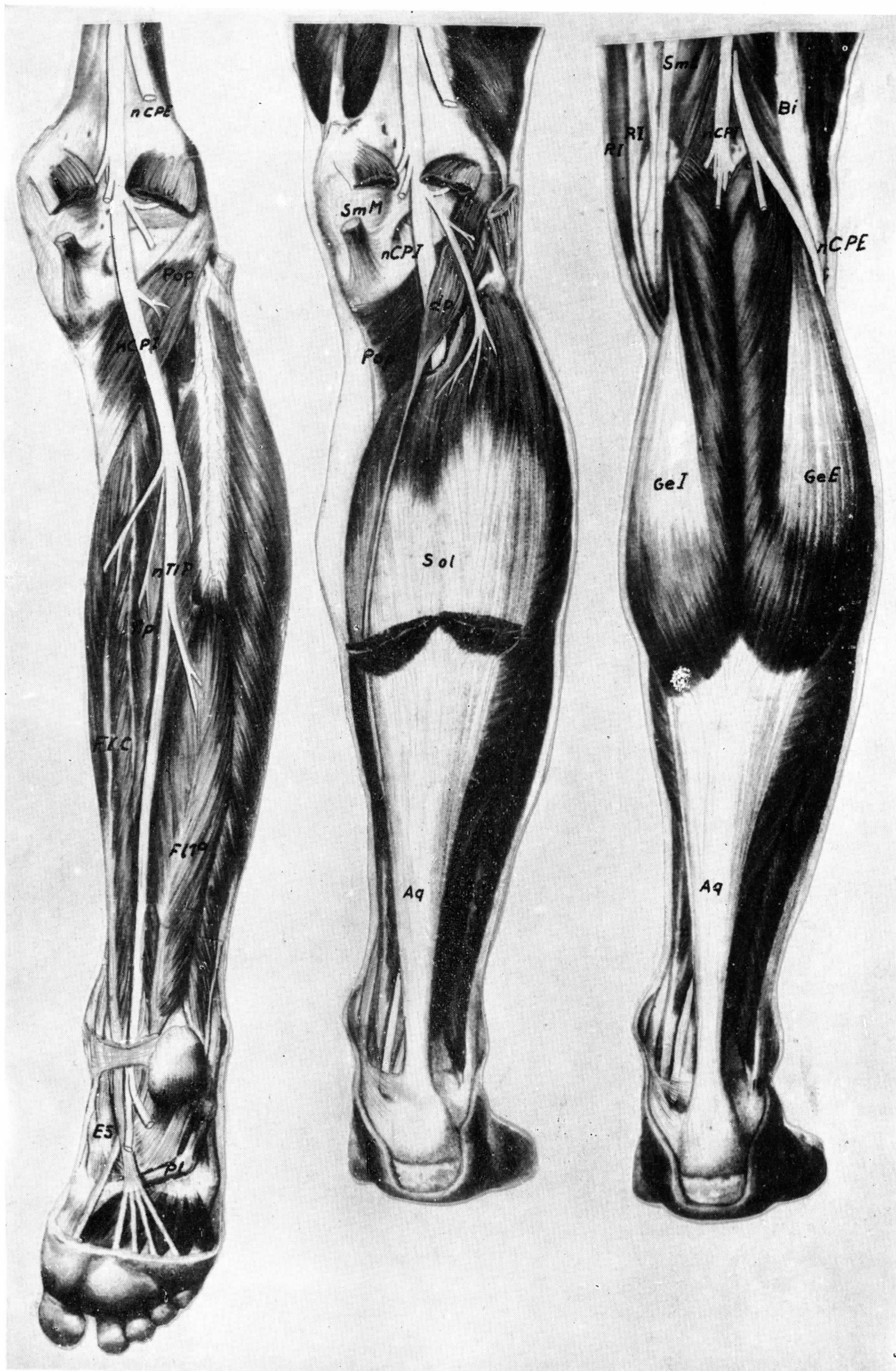


Fig. 327 Fig. 328 Fig. 329

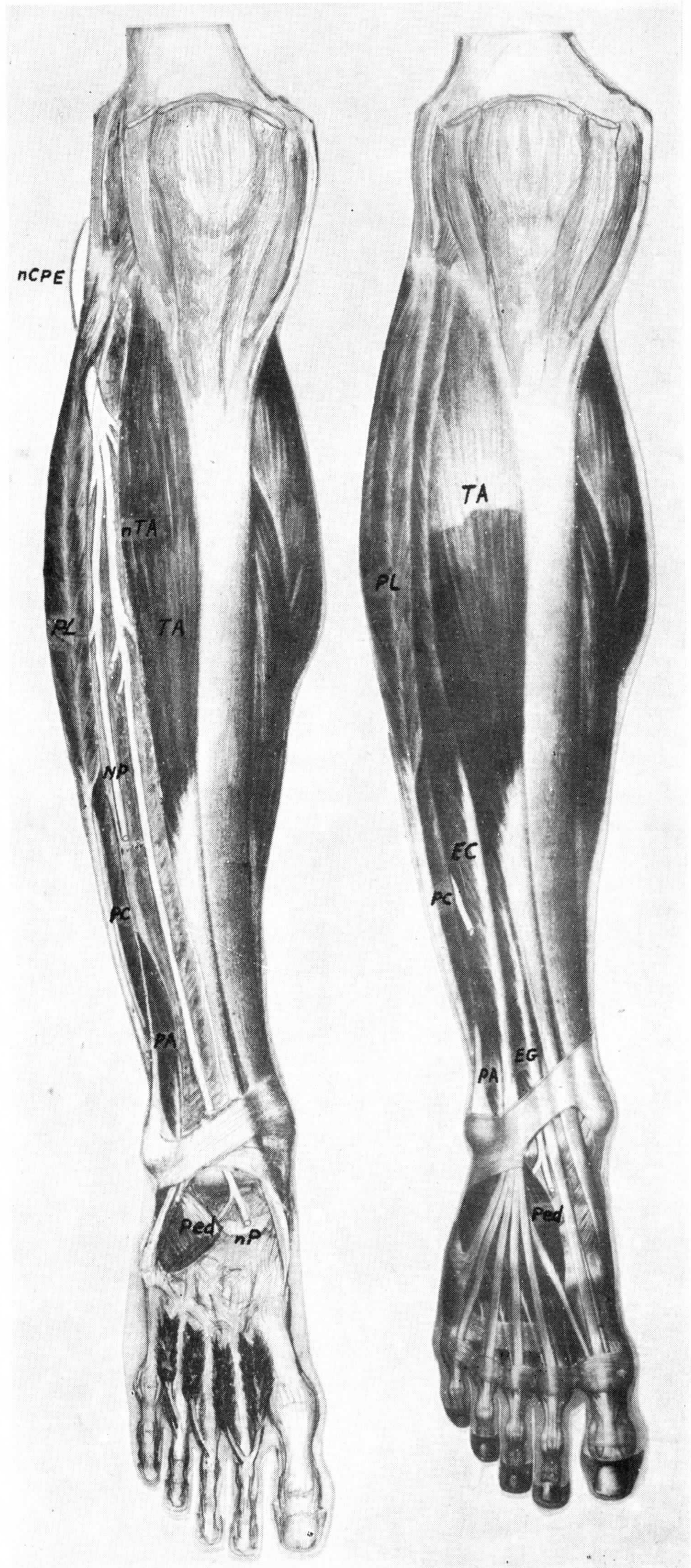
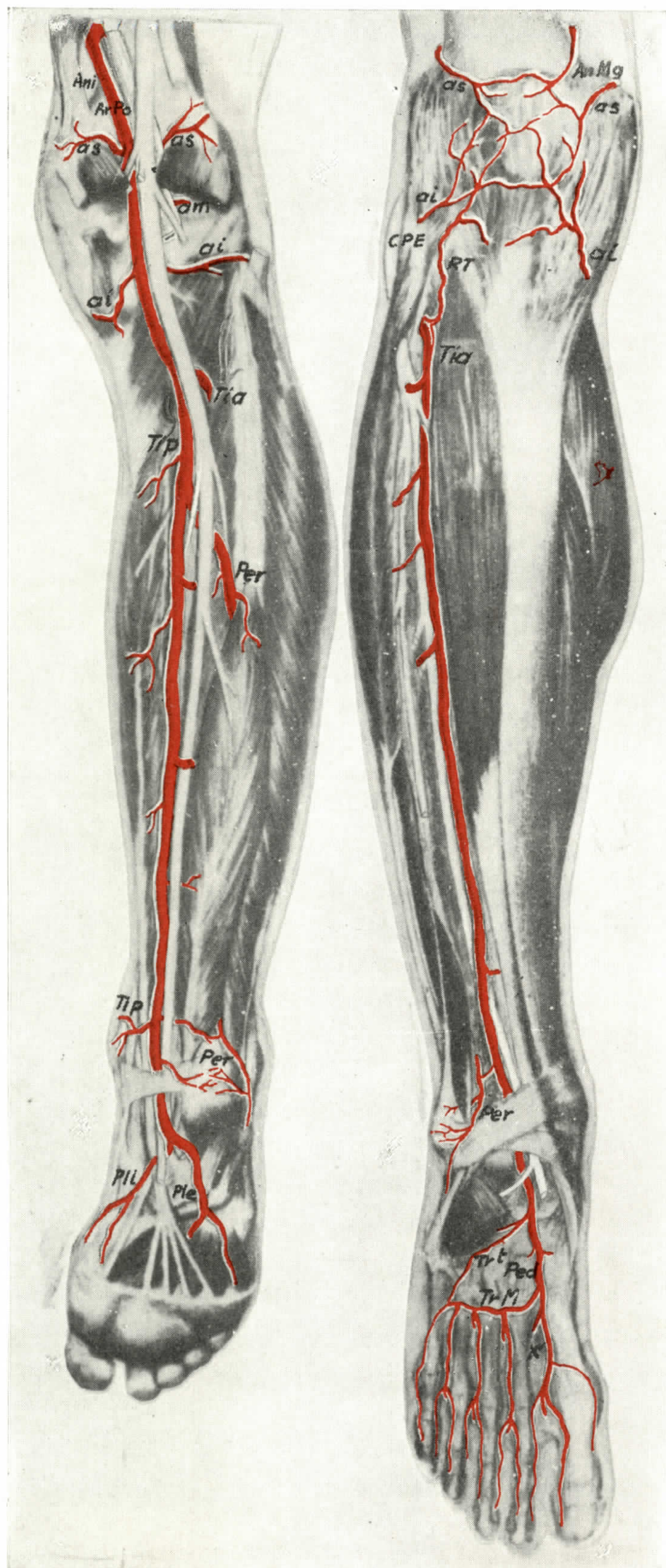
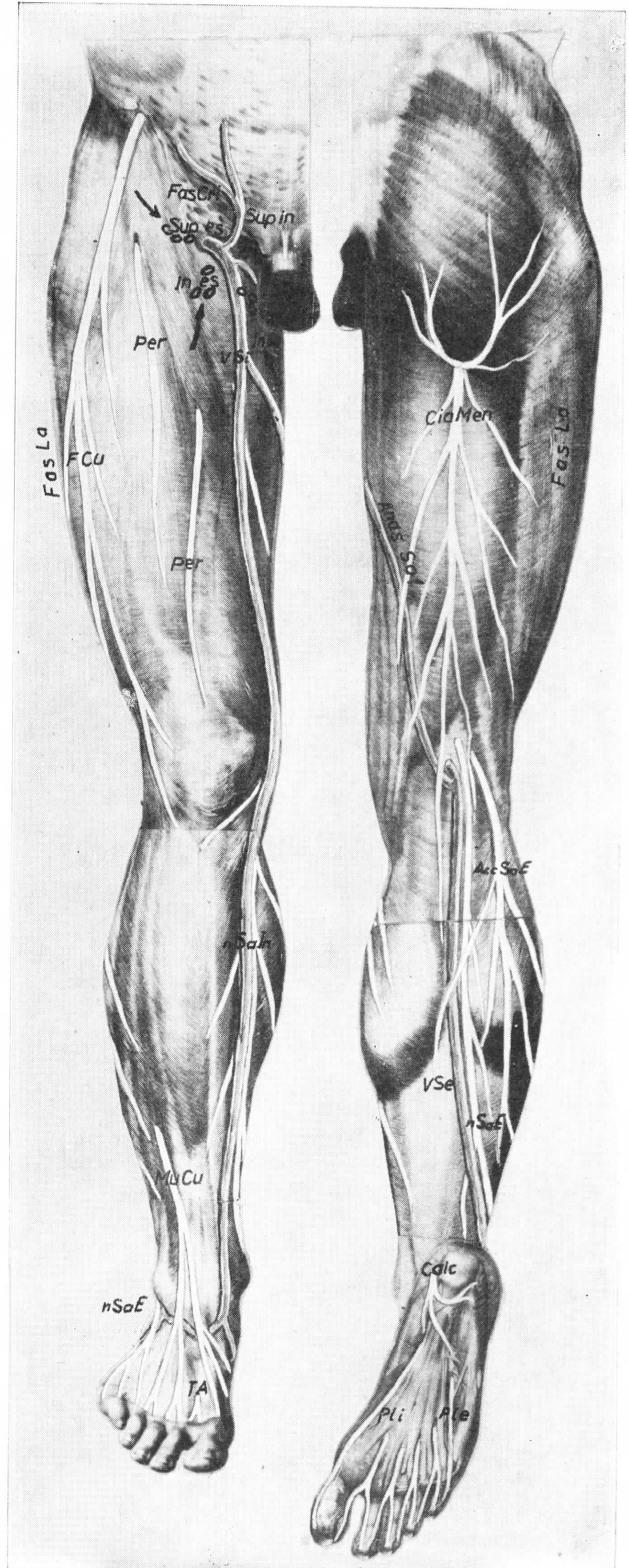


FIG. 330 FIG. 331

FIGS. 330 y 331. — La pierna y el pie se ofrecen por delante en dos aspectos de reconstrucción diferente. Nótese en la figura 330 la resección del extensor largo del dedo gordo y del extensor común, así como del pedio, dejando un hueco lo bastante profundo para observar la distribución del nervio ciático poplíteo externo (nCPE).



FIGS. 332 y 333. — Ofrecen la distribución de la arteria poplítea y de sus ramas principales.



FIGS. 334 y 335. — Ofrecen la distribución superficial de las venas, nervios y algunos ganglios linfáticos de la extremidad inferior.

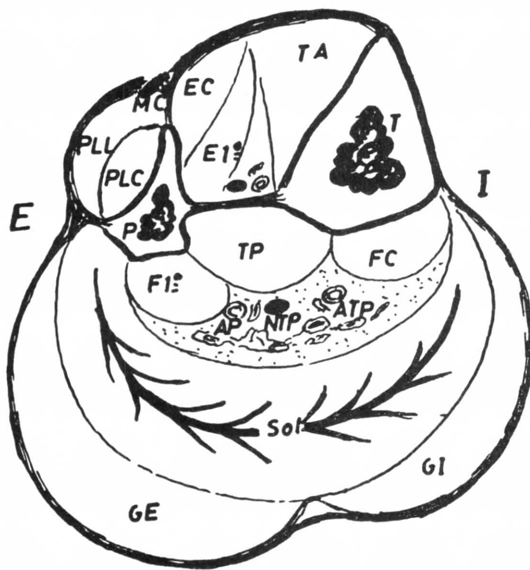


FIG. 336. — La pierna, en sección transversal esquemática, ofrece la aponeurosis superficial insertándose en toda la cara interna de la tibia (T), así como en el borde anterior y en el borde externo del peroné, delimitando así tres compartimientos musculares o celdas. Una de ellas, la peronea, alberga bien encajados los músculos peroneos laterales, largo y corto (PLL y PLC), así como el nervio musculocutáneo (MC) que los inerva, y perfora la aponeurosis de esta celda. Otra celda, la tibioperoneal anterior, aloja el músculo tibial anterior (TA), así como el extensor del primer dedo (E1.º) y el extensor común (EC), dejando en el fondo el paquete vasculonervioso tibial anterior y, por lo tanto, delante del ligamento interóseo. El encaje muscular en esta celda es considerable. Una última celda, la posterior de la pierna, aunque bien delimitada, se muestra bastante libre y expandible para facilitar la acción del tríceps sural contenido, a base de los gemelos (GI y GE) y del sóleo (Sol). Obsérvese el sóleo con una poderosa aponeurosis intermedia que en el corte se irradia en espiga en el espesor del músculo. De esta manera la contracción del sóleo angosta el amplio espacio grasoso que hay por debajo del mismo y que aloja un profuso paquete vasculonervioso a base del nervio tibial posterior (NTP), arteria tibial posterior (ATP), arteria peronea (AP) y abundantes venas. De este modo se debe favorecer la circulación en este crítico paso, angostado superiormente por el anillo del sóleo. Caso de que se inicie aquí un estancamiento que no se pueda vencer en seguida por el mecanismo indicado, entonces el mismo mecanismo actúa desfavorablemente, desencadenando la formación de varices, siendo ello una de las principales referencias patológicas de la circulación de retorno de la región.

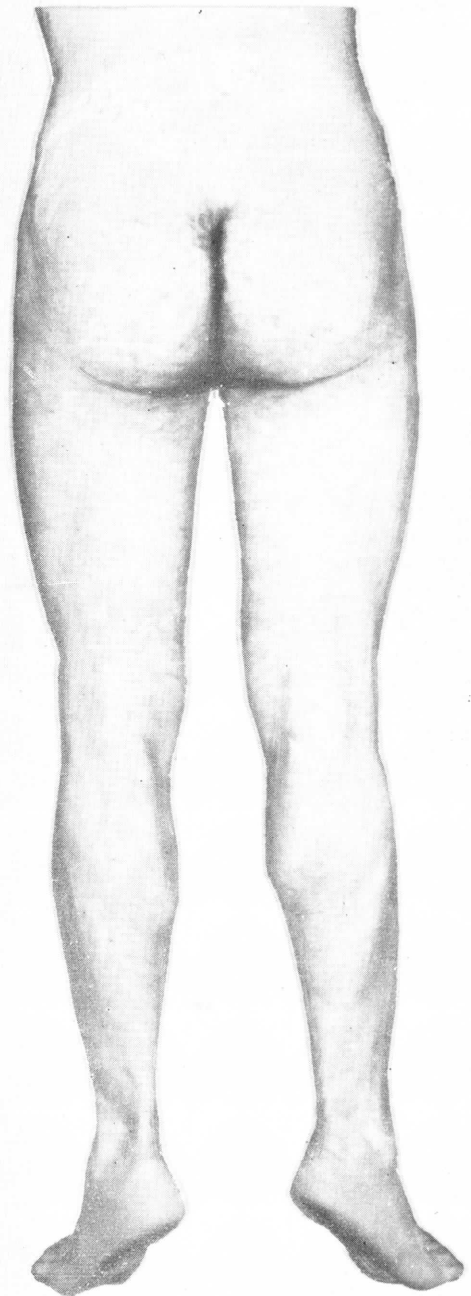


FIG. 337. — Posición estática en puntillas lograda por una gran tensión de las musculaturas de la pierna, sobre todo del tríceps. Es la postura en que el apoyo ofrece la máxima elasticidad, siendo por lo tanto la apropiada para cuando el individuo cae de cierta altura; naturalmente, en este caso, las rodillas y caderas también estarían flexionadas, con lo cual el amortiguador elástico en la caída sería mucho más favorable.

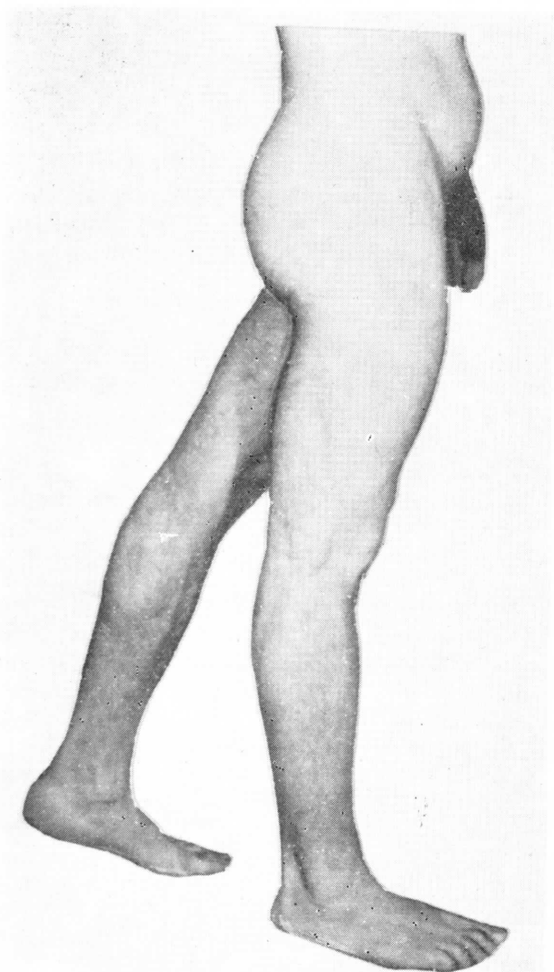


FIG. 338

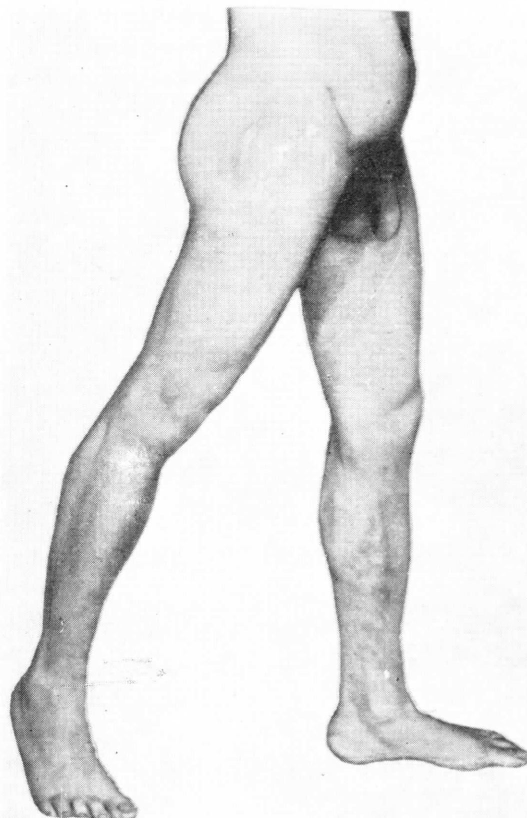


FIG. 339

FIGS. 338 y 339. — La pierna, tobillo y pie influyen en las últimas fases de la marcha. En la figura 338 la extremidad derecha ya avanzó y apoya de plano, pero como la marcha continúa, la extremidad izquierda ha de adelantarse en nuevo avance. En la figura 339 la extremidad derecha dejó de apoyarse de plano e impulsa, acusando la presión de la punta del pie.

to para reunir en bloque estos dedos en el momento de extensión, evitando así que se disocie la punta del pie en este momento; recordemos que el pedio, por detrás, se inserta en el espacio astrágalo-calcáneo. Estas musculaturas anteriores de la pierna, al contraerse, deben de quedar bien adaptadas al hueso siempre, lo que se consigue mediante la aponeurosis anterior de envoltura que es muy resistente y que a nivel del tobillo está reforzada por el ligamento anular correspondiente.

La *inervación motora* vemos que corresponde al *ciático*, dispuesto a dividirse en el *ciático poplíteo interno* (nCPI) (fig. 327), cuyo trayecto y misión ya nos es conocido, y el *ciático poplíteo externo* (nCPE) (figuras 329 y 330), que se encarga de las musculaturas peroneas y anteriores de la pierna. Para ello veamos que este nervio camina superficialmente y llega a la región lateral y externa de la pierna inmediatamente bajo la cabeza del peroné; aquí sólo protegido de la superficie mediante una simple lámina muscular de peróneo lateral largo. Entonces ya es sabido que se divide en el *nervio peroneo*

para los músculos peroneos y el *nervio tibial* para los músculos restantes (fig. 330). Por todo lo dicho, notemos por qué la parálisis del nervio ciático poplíteo interno da lugar al aflojamiento de los músculos posteriores de la pierna y de la planta del pie, lo que lleva al llamado pie plano; en cambio, la parálisis del ciático poplíteo externo debe llevar al pie cavo, y el andar *arrastrando la punta del pie,* un tanto característico de esta parálisis.

La vascularización corresponde a la arteria poplítea (ArPo) (fig. 332), que al llegar al anillo del sóleo, lo atraviesa y se divide en seguida en la arteria tibial posterior (Ti p) y la tibial anterior (Ti a) que llega a la región anterior de la pierna a través del espacio interóseo (Ti a) (fig. 333).

Sobre la *inervación sensible* de esta zona debemos de mencionar y recordar el nervio musculocutáneo (MuCu) (fig. 334) y el nervio safeno-externo (nSaE) (figs. 334 y 335); el primero, tributario del nervio peroneo y, por lo tanto, del ciático poplíteo externo; el segundo, tributario del ciático poplíteo interno, si bien algunas ramas accesorias (AccSaE) pueden ir al ciático poplíteo externo.[1]

La PATOLOGÍA de la pierna y del tobillo corresponde a los traumatismos. *La fractura* del maléolo externo y la fractura de la tibia por su parte medial, donde está desnuda, serán los procesos patológicos fundamentales. El trauma en la epífisis superior del peroné puede afectar al nervio ciático poplíteo externo.[2]

---

[1] Las denominaciones empleadas en el presente capítulo expresan atributos funcionales sin dejar de ser clásicos, así: La *pierna* ofrece una región posterior, fácilmente delimitable, cuyo contenido acciona la presión del apoyo en la punta del pie. Ofrece también una región anterior que actúa en sentido contrario. En cuanto al *tobillo,* notamos el canal posterointerno, continuación morfofuncional del puente de la planta; en cuanto al canal posteroexterno peroneal y el canal anterior, sobre todo, establece continuación funcional del dorso del pie.

[2] Las referencias indicadas y otras más sobre patología de estas regiones, fundamentan vías de acceso anatomoquirúrgico, resumibles casi todas en ligaduras vasculonerviosas, en resecciones articulares y en otras ortopedias (véase caps. 53 y 54).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

REGIONES DEL EQUILIBRIO: *Tobillo.* Articulaciones del tobillo (compartimiento posterointerno, posteroexterno y anterior del tobillo). *Dorso del pie. Región anterior de la pierna. Región posterior de la pierna.* Sistemas neuromusculares. Ciático poplíteo externo y ciático poplíteo interno. Maléolo. Ligamentos laterales del tobillo. Ligamento deltoideo. Luxación del tobillo. Articulación astrágalo-calcánea. Ligamento peroneo astragalino anterior. Ligamento peroneo astragalino posterior. Ligamento peroneo calcáneo. Ligamento interóseo tarsiano = Ligamento centrotarsiano. Ligamento astrágalo calcáneo externo. Músculo flexor largo del primer dedo. Músculo tibial posterior. Músculo flexor largo común. Tendón de Aquiles. Sóleo. Anillo del sóleo. Gemelos. Tríceps sural. Músculo poplíteo. Músculo peroneo lateral corto. Músculo peroneo lateral largo. Músculo tibial anterior. Músculo extensor del dedo gordo. Músculo extensor común. Músculo pedio. Nervio ciático poplíteo interno. Nervio tibial posterior. Nervio ciático poplíteo externo. Nervio tibial anterior. Nervio peroneo. Nervio musculocutáneo de la pierna. Nervio safeno externo. Vena safena externa. Parálisis del ciático poplíteo interno. Parálisis del ciático poplíteo externo. Arteria tibial posterior. Arteria tibial anterior. Arteria pedia.

CAPÍTULO 51

NALGA Y MUSLO = REGIONES DEL APLOMO. REGIÓN POPLÍTEA

El peso del cuerpo transmitido como línea de fuerza a lo largo de la extremidad inferior hasta la planta del pie necesita un enderezamiento por parte de la cadera y muslo (figura 340). Este enderezamiento, para transmitir dicha línea de fuerza, obliga a la llamada *postura de aplomo* de las REGIONES DE LA NALGA Y DEL MUSLO, perfectamente organizables en la parte posterior del esqueleto.

En el *esqueleto,* las líneas de fuerza son transmitidas a través del sacro hasta la articulación coxofemoral y hasta el isquion. Las que llegan directamente hasta la articulación coxofemoral se continúan en sentido descendente, casi vertical (V) (fig. 341). La que llegó antes al isquion y lo mismo fuerzas que llegaron al pubis formando cinturón pelviano, se propagan indirectamente después en un sentido más horizontal (H) por la articulación coxofemoral también, siguiendo igual a lo largo del miembro. Notemos que el trocánter menor (Tm) y el mayor (TM) son dependencias de las líneas de fuerza transmitidas para las ataduras de las tracciones musculares que corresponden. A nivel de la rodilla las líneas de fuerza se propagan a través de la interlínea articular, expansionándose ampliamente aquí, pero después se recogen a nivel del cuerpo de la tibia, que es la verdadera transmisión y no el peroné. Recordemos igualmente la dirección del fémur (fig. 342), que según desciende va primero hacia afuera por el cuello anatómico; después, a nivel de los trocánteres, cambia y sigue hacia adentro a lo largo de la diáfisis femoral, de tal forma que isquion (Isq) y cóndilo interno del fémur (en concreto su tubérculo interno: Ti) se deben encontrar aproximadamente en la misma línea vertical y que esta vertical se continúa con la dirección de la tibia. Por último, esta disposición de enderezamiento en aplomo del esqueleto está favorecida por el estado de tensión de la cápsula articular coxofemoral a causa de la disposición oblicua de sus fibras; dicho enderezamiento también está favorecido por el estado de tensión de los ligamentos interóseos de la articulación de la rodilla o ligamentos cruzados que son verdadero tope de la postura de extensión indicada.

La postura de enderezamiento en aplomo, del esqueleto de cadera y muslo, está mantenida activamente por diversos GRUPOS MUSCULARES: UN PRIMER GRUPO integrado por el *músculo enderezador principal* o *músculo aplomador* (RAM) que sigue el verdadero eje de aplomo y, por lo tanto, desde el tubérculo del cóndilo interno (Ti), se lanza al isquion (Isq), haciendo que esta postura de aplomo se mantenga en todo el momento que dicho músculo está contraído, ya que otra postura del muslo obliga a una mayor longitud del músculo enderezador indicado. Se trata del clásico *fascículo recto del gran aproximador.* Tenemos un SEGUNDO GRUPO de músculos que tirando de la masa femoral apofisaria hacia

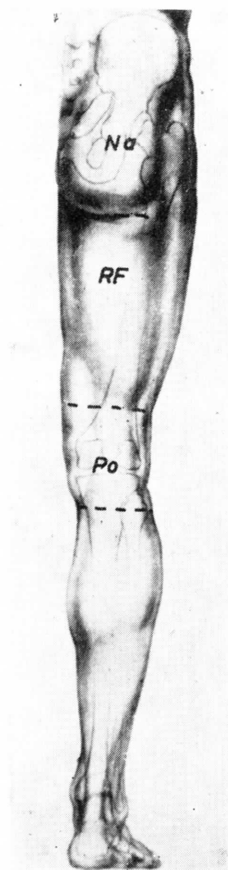


FIG. 340

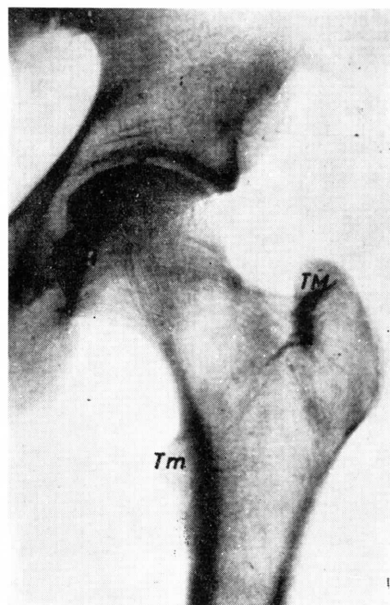


FIG. 341

FIGS. 340 y 341. — La extremidad inferior mantiene a plomo el peso del cuerpo. Nótense los límites, en la cuadrícula clásica, de las regiones de la nalga (Na), poplítea (Po) y retrofemoral (RF).

atrás obliga a una rotación externa (punta del pie), con lo cual se aumenta la base de sustentación en el apoyo y se afloja la cápsula coxo-femoral por detrás, dando así margen para que la extensión alcance un grado mayor. Tales *músculos rotadores externos* son: el *músculo obturador interno*, que tira desde la fosita digital del trocánter mayor (fig. 343) y que es ayudado por el *gémino superior* (Gm s) y el *inferior* (Gm i), que sigue la misma dirección del obturador interno, pero que no entran en la pelvis como éste. Algo parecido podríamos decir del obturador externo en sus inserciones en la fosita digital si bien después, a causa de sus inserciones mediales, ofrece una misión diferente que se escapa de nuestro actual estudio. En este grupo concedamos su debida importancia al *cuadrado crural* (Cc), que desde la línea intertrocantérea posterior va al isquion (Isq).

Un TERCER GRUPO MUSCULAR actúa en el trocánter mayor traccionándolo hacia arriba, lo que motiva que la extremidad se separe y se amplíe la base de sustentación, lo que es apropiado para el enderezamiento y para el aplomo. *Músculos separadores* son el *piramidal* (Pir), que si bien tira del trocánter mayor hacia arriba, lo matiza un poco hacia atrás; por eso, tenemos el *glúteo menor*, que contrarresta esta acción (fig. 342) (Gl i), ya que por sus inserciones trocantéreas tira de éstas hacia arriba también, pero hacia delante. Dentro de este grupo consideremos el llamado *glúteo mediano* (Gl m) (fig. 343), cuya inserción trocantérea por fuera de los dos músculos indicados anteriormente se dispone de tal forma que tracciona del trocánter puramente hacia arriba con gran fuerza.

Un CUARTO GRUPO MUSCULAR ENDEREZADOR va a colaborar en la acción del músculo en-

derezador principal ya indicado (RAM) (figura 342). Se trata de músculos que tienen una dirección muy parecida. Todos ellos se insertan en el isquion (Isq) (fig. 343) y descienden. Uno de ellos, el *semimembranoso* (SM), va a insertarse en la tibia y en la cápsula de la articulación de la rodilla, a la que pone tensa, evitando el pellizco por arrugas. Otro es el *semitendinoso* (ST) (figs. 343 y 344), que, más delgado, desciende más abajo hasta la tibia exclusivamente. El tercer músculo es el llamado *bíceps largo* (BiL) (figs. 343 y 344), que desciende hasta la apófisis estiloides del peroné, y como tracciona oblicuamente, tiene otro vientre corrector de esta dirección, que es la llamada porción corta (BiC) (fig. 343), que se ata en la línea áspera del fémur. Tal grupo de músculos enderezadores mantiene en esta posición al muslo respecto de la cadera. Lo mismo haría en la rodilla si ésta se encontrase previamente enderezada; pero si la rodilla se encuentra flexionada, es natural que este grupo muscular que indicamos mantendrá la flexión de la rodilla a la par que el enderezamiento del muslo, pero entonces la postura de la extremidad no es de aplomo desde el momento que la línea de fuerza no se transmite en toda la dirección del miembro. Este grupo muscular ofrece una eficacia enderezando bruscamente cuando el individuo está agarrado. Por eso se le conoce como *grupo muscular enderezador para el salto.*

Un ÚLTIMO GRUPO MUSCULAR Y APLOMADOR corresponde al *gran glúteo* (GlM) (fig. 344), el cual tira de la llamada fascia lata, aponeurosis muy extensa en la parte externa del muslo. Esta aponeurosis, aparte de tener un músculo propio que la tensa simplemente,

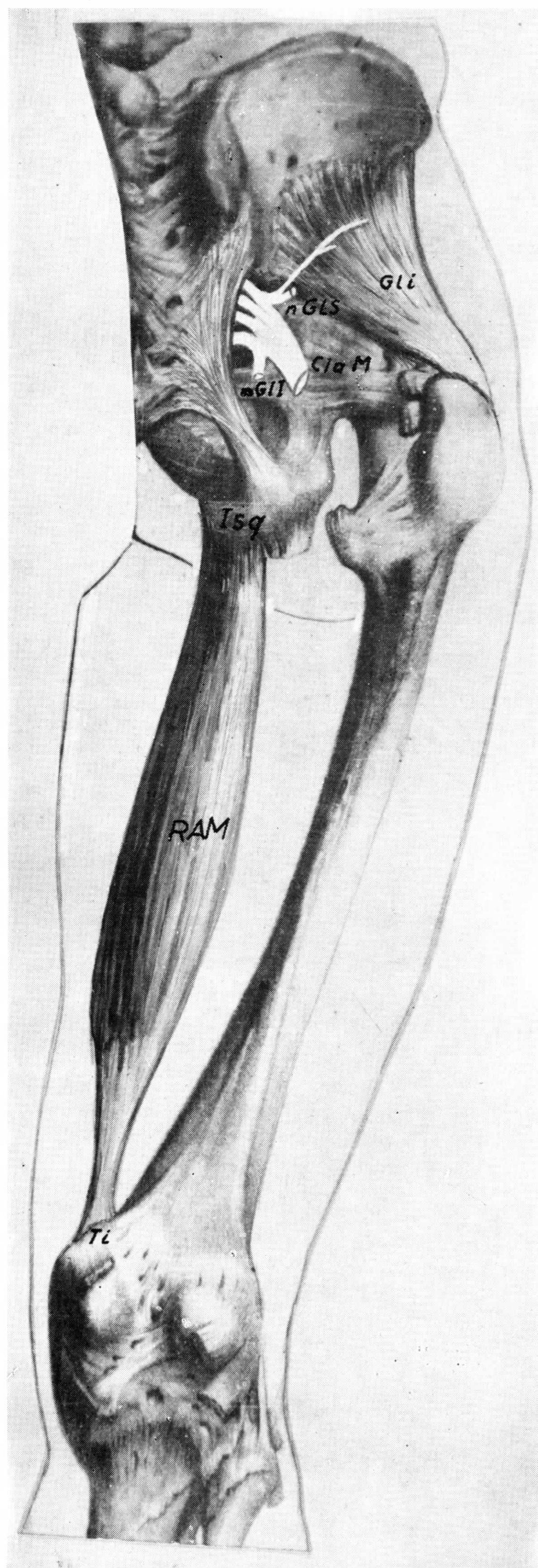
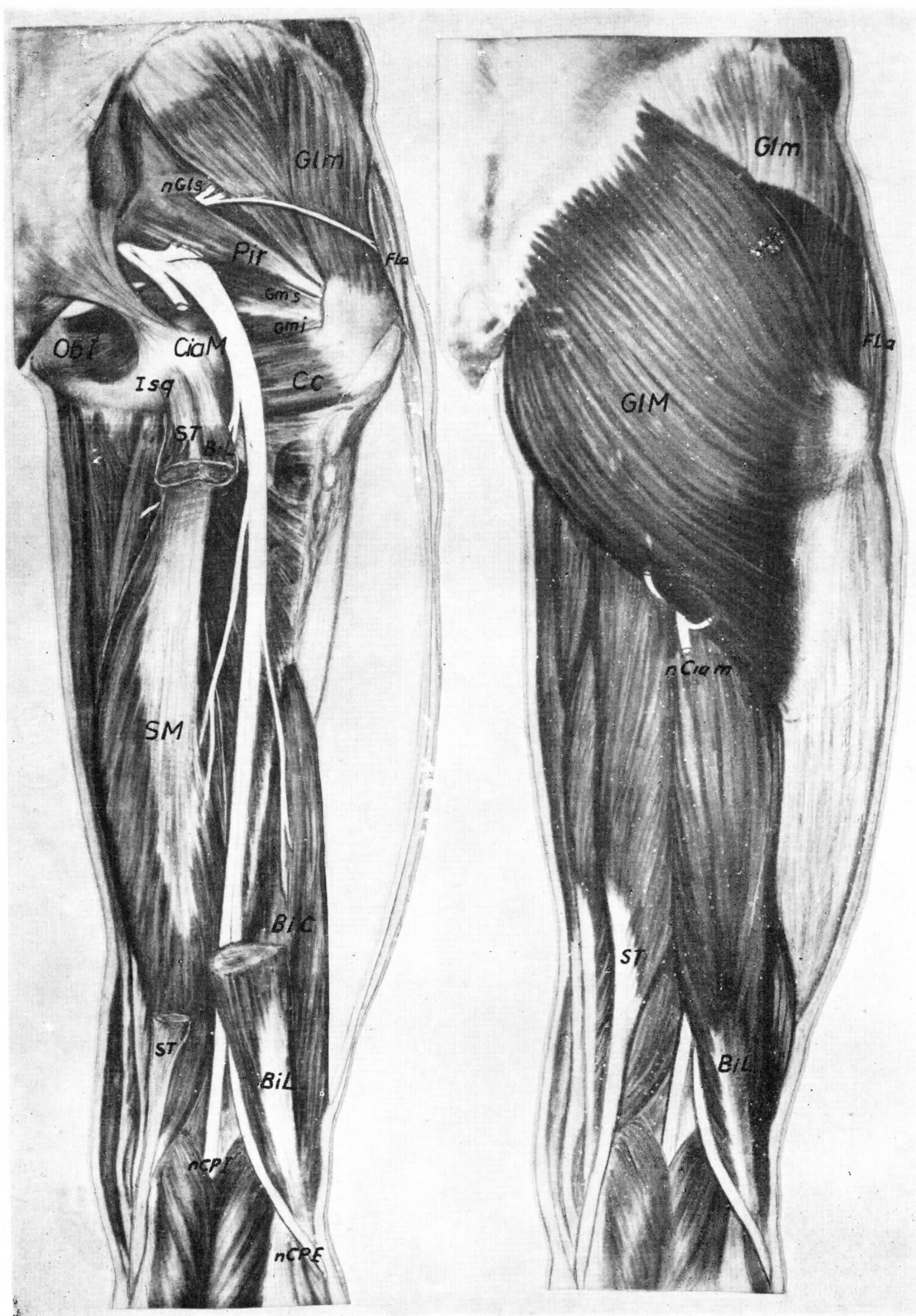


FIG. 342. — El esqueleto de la raíz del miembro, visto por detrás, ofrece ante todo el llamado fascículo recto del aproximador mayor, también conocido con el nombre de músculo enderezador principal y músculo aplomador, porque lleva la dirección vertical durante la estática.



FIGS. 343 y 344. — Dos fases reconstructivas delsistema neuromuscular retrofemoral y de la nalga, dispuesto para el aplomo.

el *músculo tensor de la fascia lata* (FLa) (fig. 344), recibe la inserción del gran glúteo, como decimos, el cual actúa sobre ella con un fin enderezador global del miembro, máxime por cuanto que dicho músculo tiene también inserciones en la cresta oblicua externa de la línea áspera.

La INERVACIÓN MOTORA va a corresponder al *nervio ciático* (CiaM) (figs. 342 y 343), que sigue la misma dirección de aplomo de estas regiones, apareciendo debajo del músculo piramidal, inervando así todas las musculaturas que atraviesa. Únicamente las musculaturas de la nalga situadas un tanto elevadas ofrecen nervios especiales, y a este fin tenemos el *nervio glúteo inferior* (nGlI) y el *nervio glúteo superior* (nGlS), desprendiéndose ambos de la raíz ciática en su origen, como ya se sabe, pero el nervio glúteo superior aparece por encima del piramidal. Este nervio glúteo superior llega también al tensor de la fascia lata.

En cuanto a la VASCULARIZACIÓN (fig. 345), casi toda se hace a expensas de *ramas perforantes*, pero además debemos de recordar la *arteria glútea superior* (GLS) y la *glútea inferior* (GLI) que acompañan a los nervios del mismo nombre. Igualmente debe ser recordada la *arteria poplítea*, que aparece en esta región y acompaña al nervio poplíteo interno. Las ramas colaterales de la poplítea (figura 332) corresponden a las articulares superiores (AS), media (Am) e inferiores (Ai).

La SENSIBILIDAD de esta región ya sabemos que corresponde a multitud de ramos que se reúnen en penacho con el nervio glúteo inferior, integrando así el llamado nervio ciático menor (CiaMen) (fig. 335). Así quedan integradas las llamadas regiones de la NALGA RETROFEMORAL DEL MUSLO y POPLÍTEA.

La REGIÓN POPLÍTEA es una encrucijada en franca continuidad morfofuncional con la región retrofemoral, lo que justifica el referirla aquí a pesar de que se haya empezado a integrar dicha región a propósito de la pierna. Recordemos que sus perfiles rómbicos están enmarcados superiormente por el

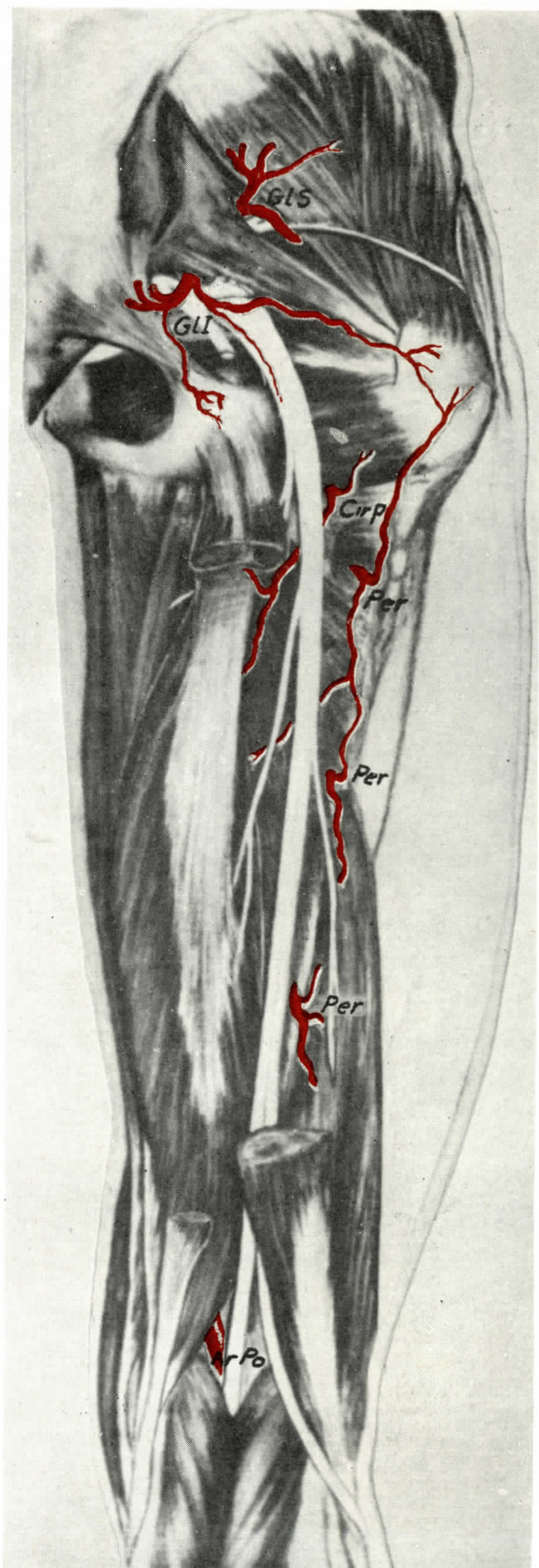


FIG. 345. — Distribución arterial de las regiones del aplomo, retrofemoral y nalga.

semimembranoso y semitendinoso que se encuentran por dentro, así como el bíceps que está por fuera, los cuales mantienen un profundo ángulo superior; mientras tanto, inferiormente, los gemelos enmarcan la región poplítea en un ángulo un tanto desdibujado, difícilmente separable a causa de los ramos gemelos vasculonerviosos existente aquí. Recordemos la gran diagonal del rombo, que es vertical, representada por el nervio ciático poplíteo interno que se encuentra solo, al quedar separado del ciático poplíteo externo (que desciende apoyado en el bíceps hasta la misma cabeza del pero-

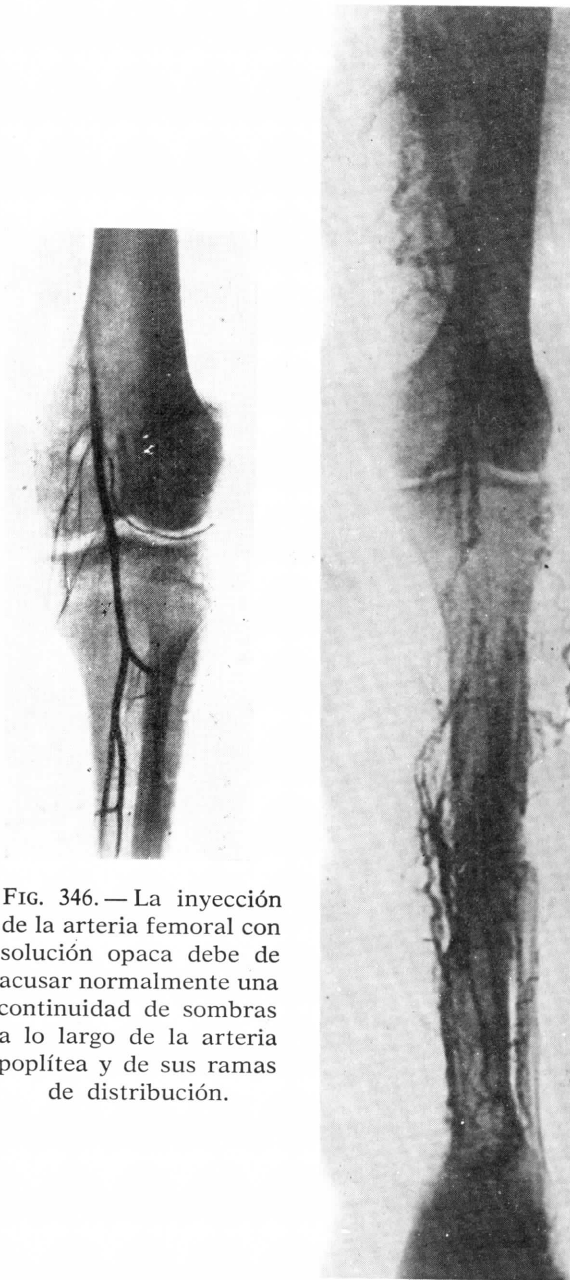


FIG. 346. — La inyección de la arteria femoral con solución opaca debe de acusar normalmente una continuidad de sombras a lo largo de la arteria poplítea y de sus ramas de distribución.

FIG. 347. — La inyección opaca del caso anterior puede mostrar una imagen patológica, y entonces suele estar referida al anillo del fondo, que es el que comprime los vasos que pasan por él. Primero comprimiría el sistema venoso formando varices, cosa observable por las imágenes arrosariadas que hay por debajo y por encima del anillo del sóleo sin continuidad vascular. Naturalmente, la visión venosa se contrasta por inyección de la solución opaca en el arco safeno del dorso del pie.

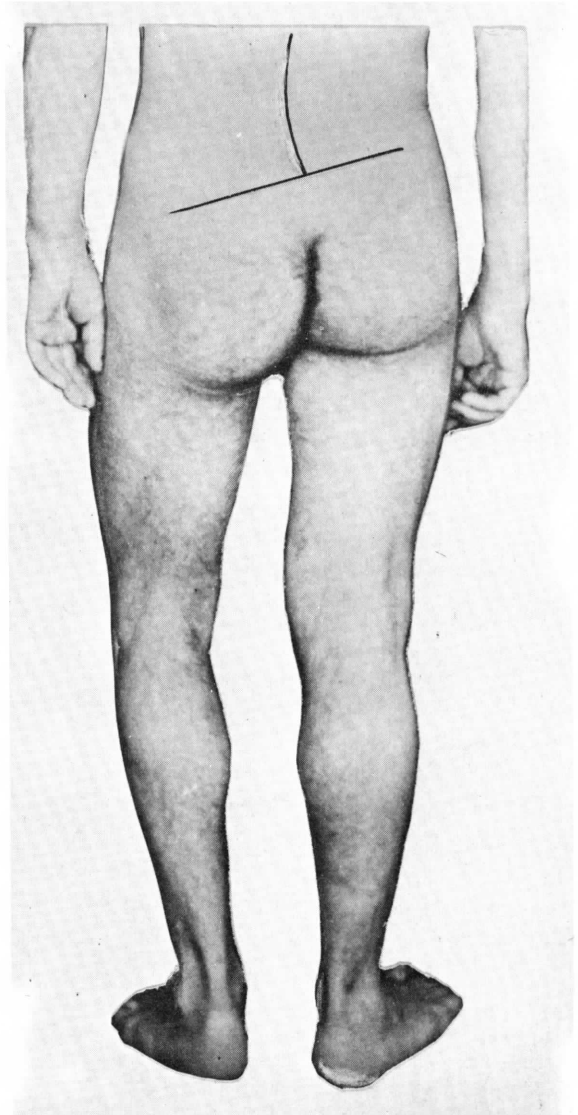


FIG. 348. — En el aplomo de una sola extremidad, como ocurre aquí con el lado derecho, notemos que la extremidad izquierda queda un tanto flexionada en el descanso, con lo cual la línea de la pelvis se inclina hacia este lado y lo mismo la columna vertebral lumbar (líneas).

né). La vena y la arteria poplítea quedan por dentro del nervio, pues aparecen juntas en la región, a través del conducto femoropoplíteo de HUNTER a nivel del anillo del gran aproximador. Las ramas vasculonerviosas de distribución de los troncos poplíteos y la aponeurosis que cubre todo el paquete, envuelto, a su vez, por el gran almohadillado de grasa existente aquí, ya fueron referidos en su momento oportuno.

La PATOLOGÍA de estas regiones corresponde fundamentalmente a la fractura referida esquemáticamente a dos zonas principales. La del cuello anatómico que provoca enseguida una desviación hacia arriba de cabo periférico fracturado por tracción de los músculos trocantéreos señalados en la lección. Está también la fractura del *cuerpo del fémur,* que provoca una desviación del cabo central hacia afuera por tracción de los mismos músculos trocantéreos indicados y además una elevación del cabo periférico de la fractura por tracción de los músculos aproximadores. Todo ello provoca desviación de los fragmentos, cuyo conocimiento debe de basar el mecanismo para reducir la fractura [1].

[1] Sobre ligaduras vasculonerviosas en las regiones que trata este capítulo y sobre la resección de la articulación coxofemoral, así como otras ortopedias, consultar los apartados que corresponden a los capítulos 53 y 54 del presente volumen.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

REGIONES DEL APLOMO = *Región de la nalga* + *Región retrofemoral. Grupos neuromusculares del aplomo:* Grupo aplomador principal = fascículo recto del gran aproximador. Grupo aplomador rotador. Grupo aplomador separador. Grupo aplomador saltador. Grupo aplomador enderezador. Nervio ciático mayor y menor. Arterias glúteas. Arterias perforantes. Trocánter mayor. Trocánter menor. Línea áspera del fémur. Músculo obturador interno y géminos. Músculo piramidal. Músculo glúteo menor. Músculo glúteo mediano. Músculo glúteo mayor. Músculo bíceps crural. Músculo semitendinoso. Músculo semimembranoso. Músculo tensor de la fascia lata. Fascia lata. Línea de fuerza en el aplomo. Fibras tensadoras de la cápsula coxofemoral.

CAPÍTULO 52

REGIONES ANTERIORES DEL MUSLO Y DE LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA = REGIONES DEL AVANCE

La MARCHA O AVANCE es el objetivo fundamental de la extremidad inferior. Este avance se refiere al muslo y se consigue por flexiones por encima del mismo en la ingle y por debajo a nivel de la rodilla. Los tiempos pueden esquematizarse así: primero, una *acción aproximadora*, que hace que una extremidad ceda su apoyo a la opuesta, que lo asume totalmente; dicha aproximación va intensificándose y cambiándose en una acción flexora, cada vez más marcada; el segundo tiempo es una acentuación *flexora* en la ingle, pero cambiándose paulatinamente en acción separadora; este proceso, flexor y separador, mantiene la pierna péndula y, por lo tanto, la rodilla pasivamente flexionada, pero al fin la rodilla se extiende activamente, con lo cual toda la pierna queda extendida y pesa desencadenando el avance general; por lo tanto, acaba apoyándose la planta de la pierna extendida (ensáyense estos tiempos).

1.er TIEMPO (APROXIMACIÓN). Partiendo de la actitud enderezadora, representada en la acción del músculo enderezador principal, que es el fascículo recto del aproximador mayor (RAM) (fig. 350), se va pasando a una acción aproximadora, por cuanto que junto al músculo enderezador principal está el llamado *fascículo torcido del gran aproximador* (TorAM). Este músculo aproxima la línea áspera del fémur a la rama isquiopubiana, donde se inserta; y así, a la vista de sus inserciones, vamos considerando su contracción, llegando a deducir el suave tránsito entre la acción enderezadora, punto de partida, y la acción aproximadora encomendada al fascículo torcido, debiendo de observar, además, un comienzo de flexión; todo ello ha hecho perder el apoyo que tenía antes la extremidad a que nos referimos. El proceso aproximador y flexor se va acentuando cada vez más, debiendo a estos efectos de analizar nuevos músculos, como el *aproximador menor* (Amen) (fig. 350), que, inserto en la parte alta de la línea áspera del fémur, va al cuerpo del pubis, y el *aproximador mediano* (AMed) (fig. 351), que da todavía más amplitud a la acción aproximadora flexora indicada, puesto que, inserto en la parte baja de la línea áspera, va hacia la espina del pubis (EPu), notando aquí cómo este músculo cruzó al menor (fig. 351), y este cruzamiento hace todavía más favorable la tracción flexora, que acaba dominando sobre la acción aproximadora. El tiempo de aproximación indicado deja flexionada la rodilla ligeramente por el peso de la pierna, pero mediante la acción del músculo *recto interno* (RI) que se inserta en la tibia, ascendiendo hasta atarse bajo el pubis, la flexión de la rodilla se mantiene activa en el estado aproximador

del muslo y flexor de la ingle que venimos indicando. Este tiempo de aproximación referido termina con la acción de un nuevo músculo, el *obturador externo* (ObE), que inserto en la fosita digital del gran trocánter por detrás del cuello anatómico del fémur, tira hacia el agujero obturatriz, donde se inserta, haciendo que la flexión aproximadora que viene considerándose hasta ahora, empiece a acusar separación.

Toda esta musculatura del grupo está inervada por el *obturatriz* (nOb), que atravesando el agujero isquiopubiano, da ramos para todas las formaciones indicadas. Naturalmente no da ramos al músculo aplomador principal, o sea, al fascículo recto del aproximador mayor (RAM), que es inervado por el ciático como ya se sabe.

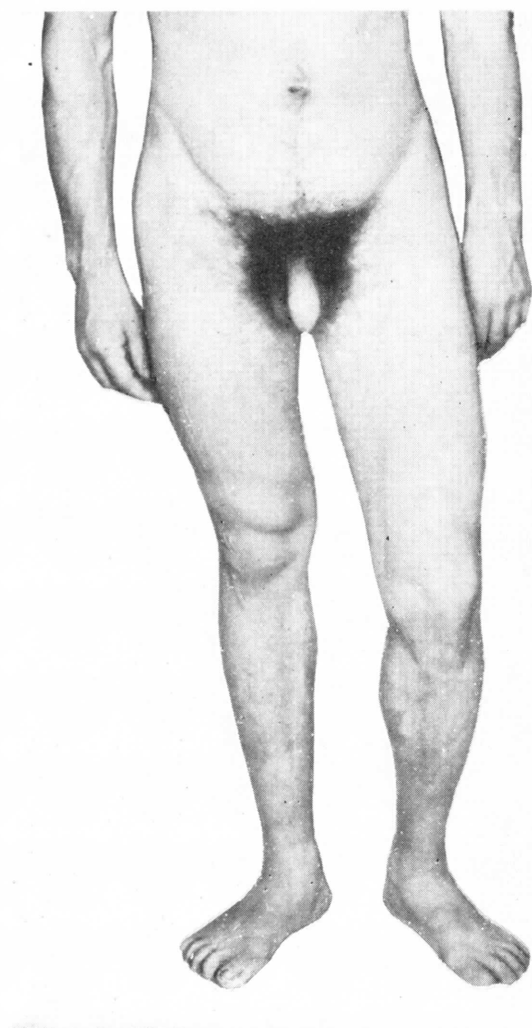
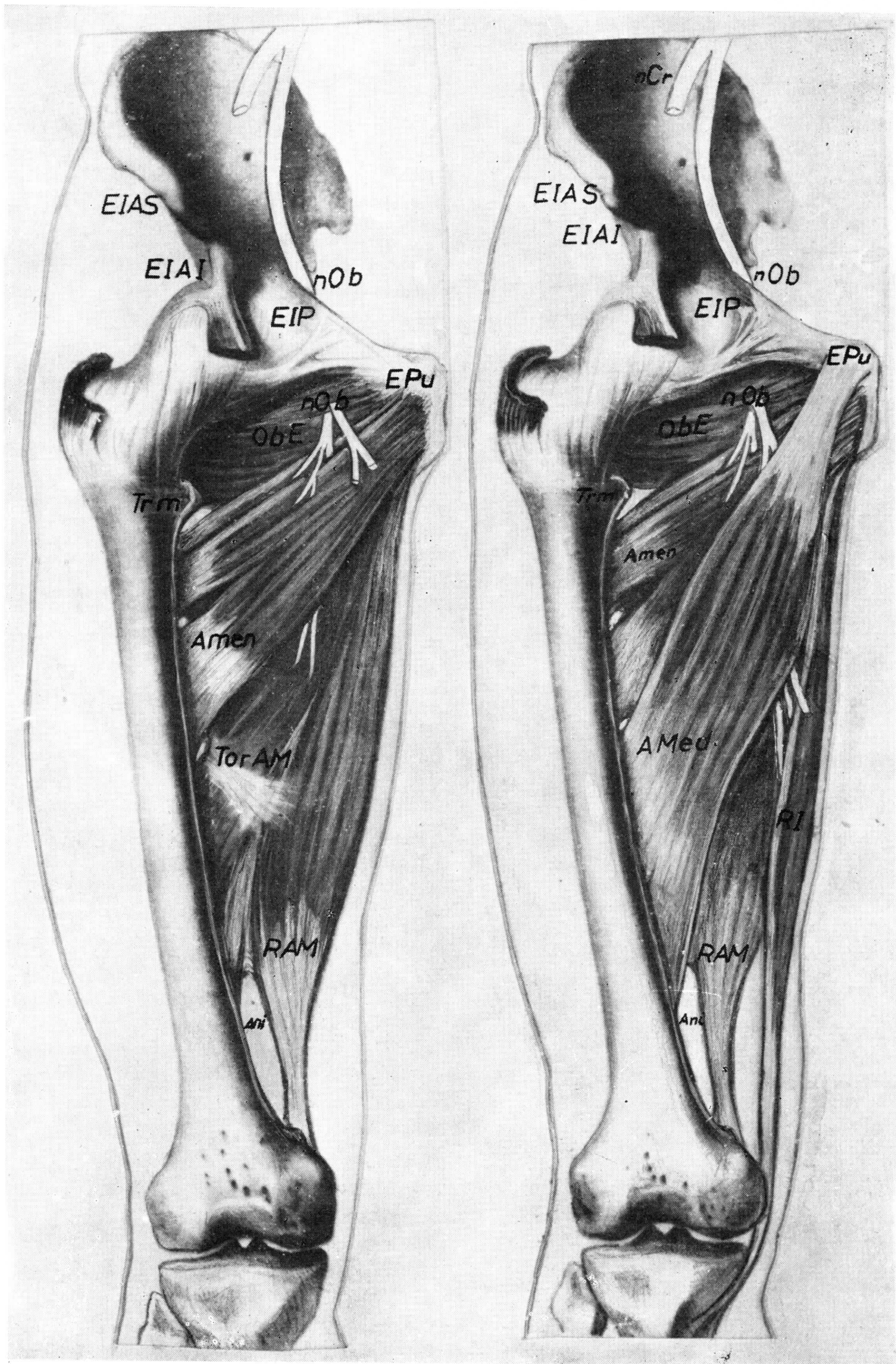


FIG. 349. — Notemos, al iniciarse la marcha, cómo una extremidad, en este caso la derecha, se mantiene a plomo y asume el apoyo de todo el cuerpo; entonces la izquierda queda libre y puede iniciar la marcha con arreglo a las fases que se indican.

2.º TIEMPO (SEPARACIÓN). El muslo está flexionado en la actitud indicada anteriormente, y además se ha iniciado su separación por la acción del obturador externo. Pues bien, esta actitud flexora y separadora se intensifica por acción del *psoas* (Pso) (fig. 351) y del *ilíaco* (mIl) que tiran del trocánter menor hacia arriba. La misma acción tiene el *pectíneo* (Pec), que tira desde un punto parecido (no del trocánter menor, sino de la cresta media de trifurcación de la línea áspera que va allí) hacia la cresta pectínea, en el pubis, que es el extremo opuesto de su inserción. Un nuevo músculo refuerza esta actitud: es el *sartorio*, que, insertándose (Sar) en la cara interna de la tibia, asciende hasta la espina ilíaca anterosuperior.

La actitud flexora de la ingle con la separación del muslo indicada va acompañada con un mantenimiento de la rodilla en flexión, como hemos podido deducir. Ahora, manteniéndose la actitud indicada, primeramente se establece la extensión de la rodilla, lo que se consigue mediante la acción del *músculo cuadríceps*, que tira de la rótula (Rot) (figs. 351 y 352) hacia arriba y, por lo tanto, tracciona el tendón rotuliano que está sujeto a la tuberosidad anterior de la tibia. La acción del cuadríceps se va a realizar por contracción de sus cuatro componentes: la contracción del vasto interno (VI), la del vasto medio o también crural (Cru), la del vasto externo (VE) y, en fin, la del recto anterior (RA), músculo, el más largo de todos, que no solamente coadyuva a la actitud indicada de rodilla extendida, sino, además, a mantener flexionada la ingle, pues para ello se inserta mediante un tendón en la espina ilíaca anteroinferior. El grupo de tipo separador y extensor de la rodilla que indicamos está inervado por el *crural* (nCr), el cual, caminando entre el psoas y el ilíaco, da ramos para todas las musculaturas.



FIGS. 350 y 351. — Representan dos aspectos diferentes de reconstrucción neuromuscular de la región obturatriz o aproximadora, cuyo papel es fundamental en la primera fase de la marcha.

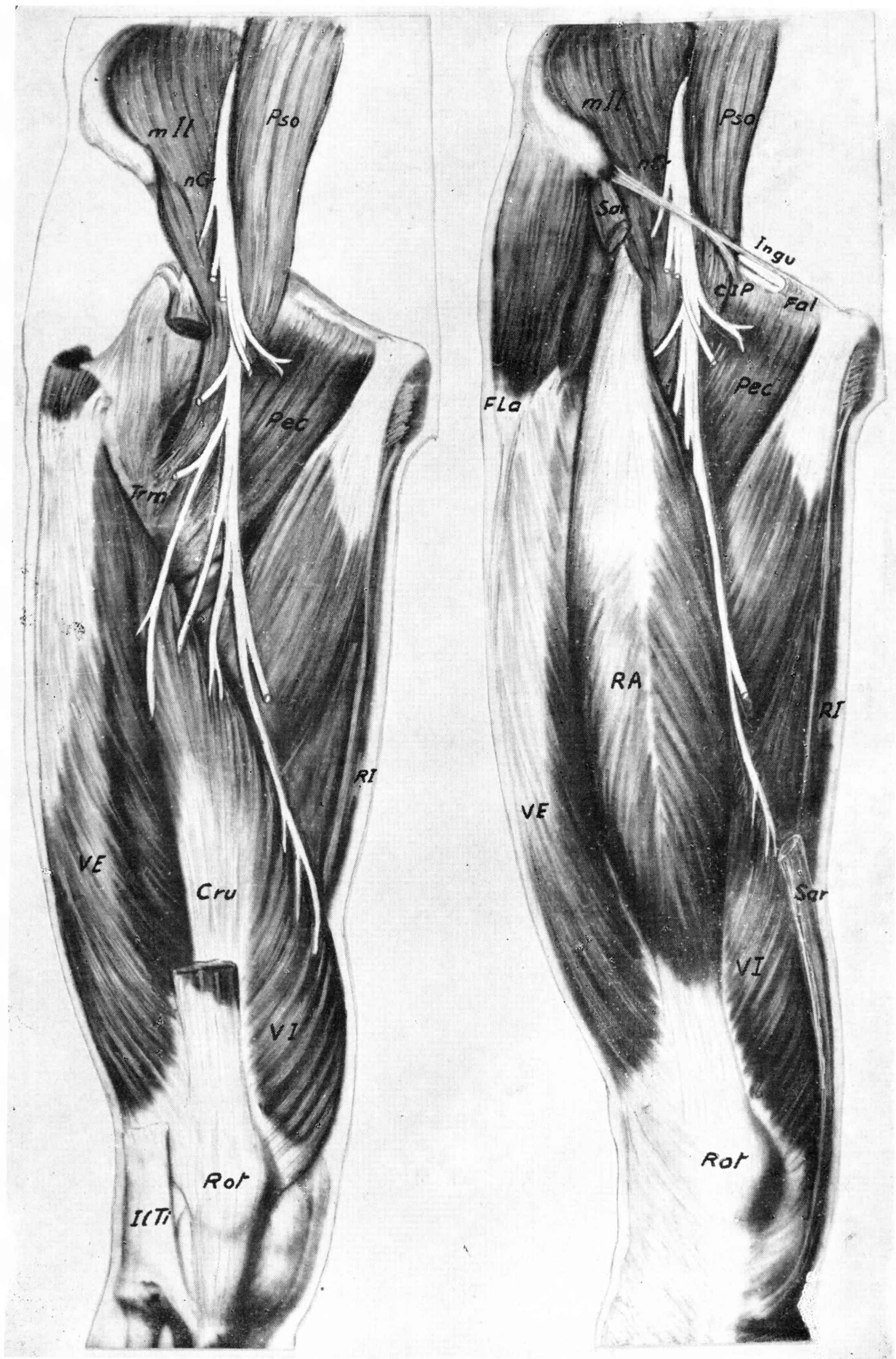
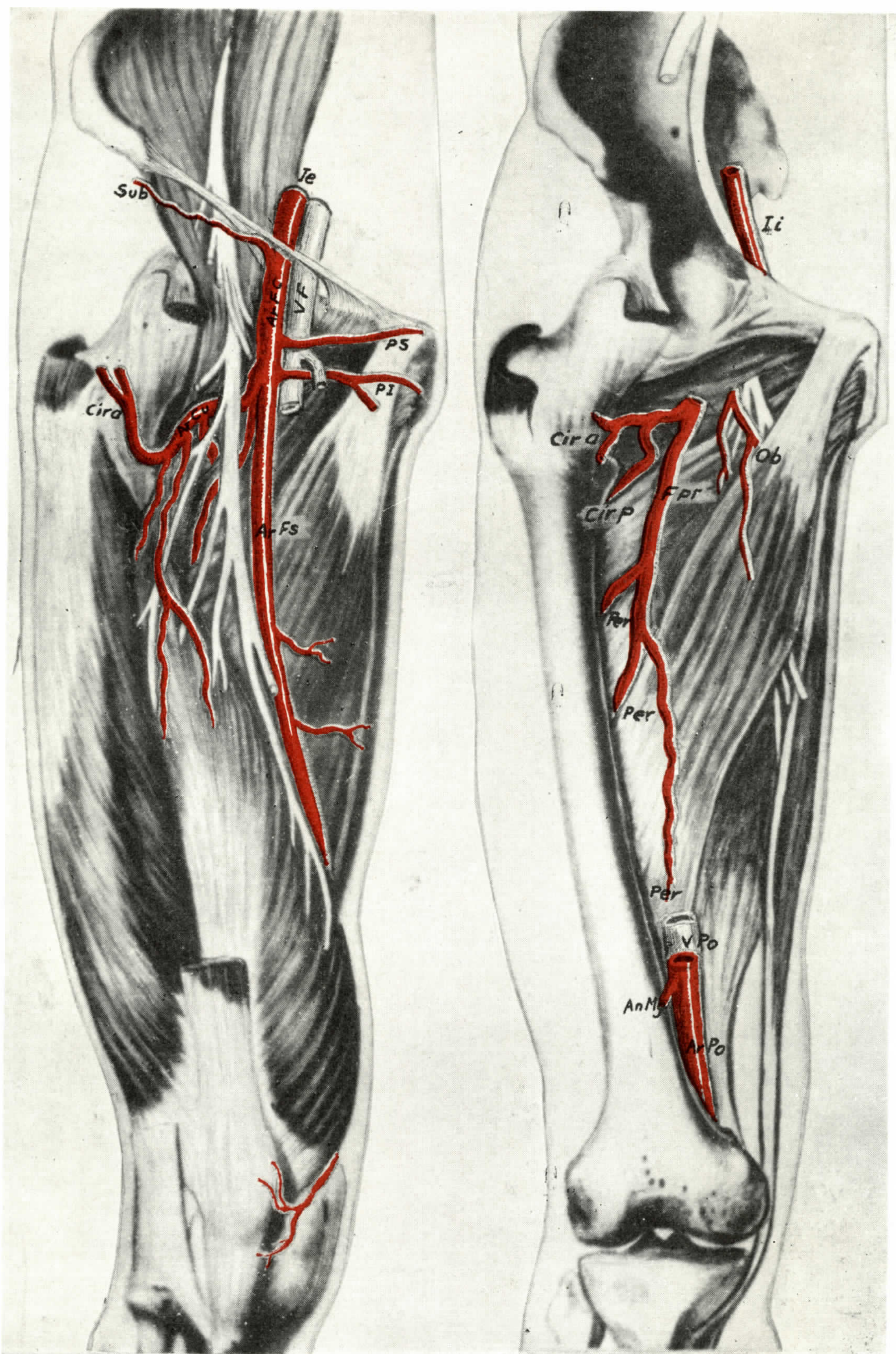


FIG. 352. — Dos aspectos sucesivos de reconstrucción del sistema neuromuscular crural, necesario para la segunda fase de la marcha, integrando la región del cuadríceps.



FIGS. 353 y 354. — Distribución arterial de las regiones anterior del muslo y rodilla, destinadas para el avance.

Los tiempos fundamentales de la marcha (primero y segundo tiempo) se organizan, pues, en verdaderos grupos topográficos. Así, tenemos el *grupo aproximador u obturatriz,* que compone la región de este nombre, y el *grupo separador o crural,* recubierto por la fascia lata (FLa), perfectamente individualizados topográficamente. Entre estos grupos topográficos tenemos una *región intermedia o vascular.* Tal región vascular parte del *agujero crural,* cuyos límites, entre el ligamento de la ingle (Ingv) (fig. 352), el pliegue falciforme (Fal) y la cinta iliopectínea (CIP), son bien conocidos. Notemos cómo desde aquí desciende la arteria femoral común (ArFc) (fig. 353) casi verticalmente entre las dos grandes masas regionales indicadas y cuando va a ser tapada por el vasto interno, entonces se mete por el anillo aproximador hacia la región poplítea, resultando así la arteria y la vena poplítea (ArPo, VPo) (fig. 354). Notemos que sus ramas fundamentales corresponden a la femoral profunda (FPr) (figura 354), que se agota en perforantes (Per) y en circunflejas, anterior (Cir a) y posterior (CirP). De todas éstas, partirán ramas nutricias, como ocurre a la arteria del cuadríceps (ArCu) (fig. 353) fundamentalmente. La vena femoral en la parte baja está detrás de la arteria, pero a nivel del agujero crural está por dentro.

Una *aponeurosis* cubre las tres grandes zonas topográficas del muslo: la zona que corresponde al cuadríceps es cubierta por la fascia lata (FasLa) (fig. 334), hasta llegar al sartorio. La parte aproximadora está también cubierta por aponeurosis, notándose el relieve de la inserción pubiana del aproximador mediano. La parte vasculosa está recubierta por la llamada fascia cribiforme (FasCri), la cual es perforada por ramas salientes de la arteria femoral, con la subcutánea abdominal, así como las pudendas, entre las que se mete el cayado de la vena safena (VSi) para abordar a la vena femoral en profundidad; apuntemos que esta aponeurosis es perforada también por muchos nervios sensibles. Notemos el safeno interno (NSaIn) que camina superficialmente en la pierna, se profundiza aún muy abajo; el nervio femorocutáneo (FCu), que perfora la aponeurosis por fuera del sartorio, y los nervios perforantes (Per), que perforan el mismo sartorio.

Aparte de estas regiones, cuyo significado lleva la organización en sí, está la *región de la rodilla,* cuya actitud extensora en el aplomo y flexora en el avance obliga a la existen-

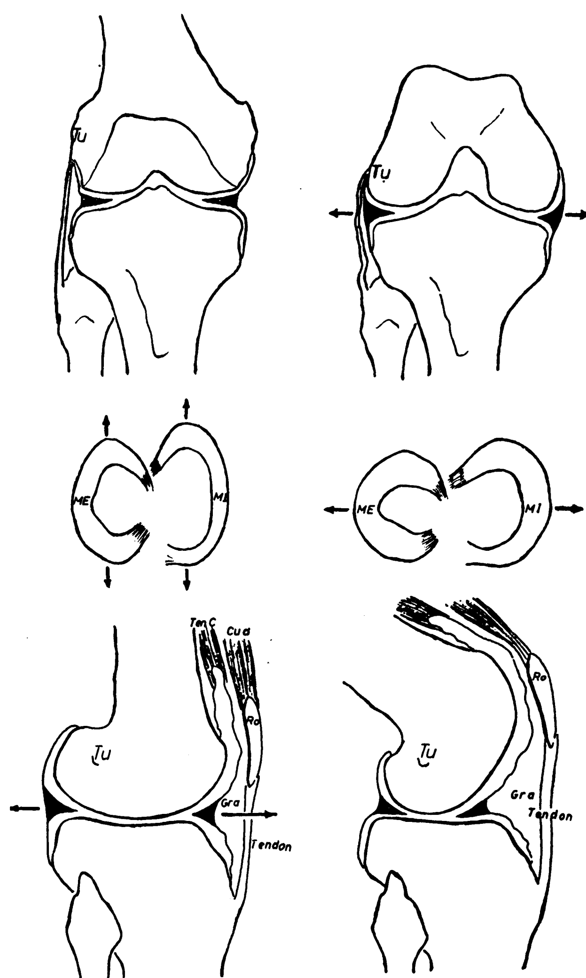


FIG. 355. — Aspecto esquemático de la interlínea de la articulación de la rodilla de frente y lateralmente, tanto en extensión como en flexión, para apreciar la capacidad de adaptación de los meniscos. Menisco externo (ME). Menisco interno (MI). Tubérculo ligamentoso (Tu), al que se refiere el giro condíleo. Bola grasienta de la rodilla (Gra). Rótula (Ro). Músculo cuadríceps (Cua). Músculo tensor sinovial del cuadríceps (TenC). La capacidad de adaptación de los meniscos y de la organización restante de la articulación de la rodilla sirve así, con gran efectividad, todas las aptitudes que esta rodilla necesita adoptar entre los dos topes extremos que marcan la estática y la marcha.

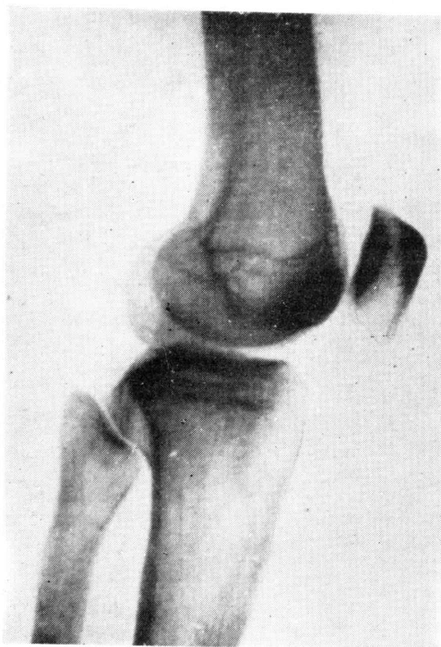


Fig. 356



Fig. 357

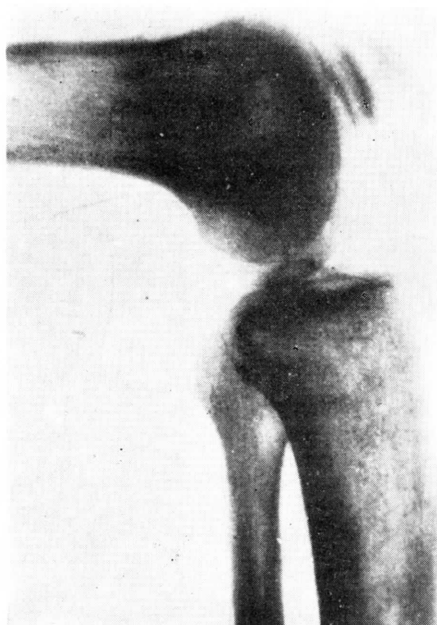


Fig. 358

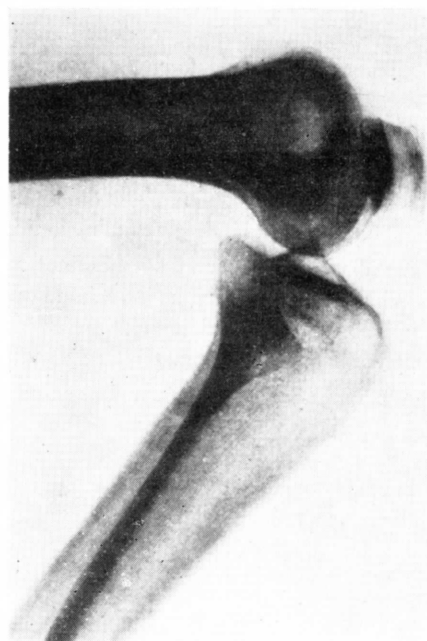


Fig. 359

Figs. 356, 357, 358 y 359. — Nótese en estas radiografías laterales la diferencia de curvatura de la superficie condílea, que apoya en la tibia según la actitud que corresponda, tanto en la estática (figura 356), en que la interlínea es casi plana y aploma casi toda, por lo tanto, como en la dinámica o marcha en distintos grados de flexión de la rodilla (figs. 357, 358 y 359), en que el apoyo condíleo en la tibia resulta tan sólo un punto visto lateralmente.

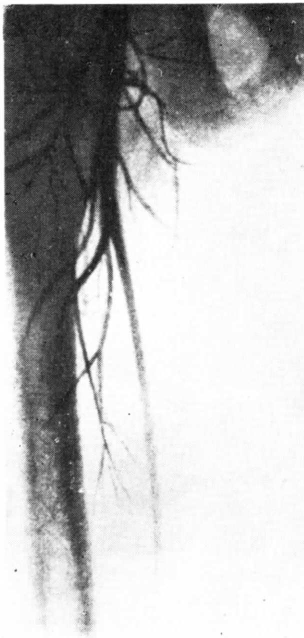


FIG. 360. — Nótese la arteria femoral contrastada por inyección de solución de yoduro. Al patólogo le interesa ver entre las distintas ramas de distribución las de situación crítica y, por lo tanto, la sombra de la radiografía de la femoral cuando se acerca al anillo del aproximador para deducir el obstáculo que pudiera existir aquí.

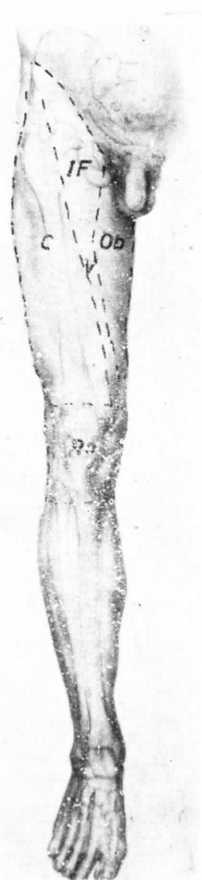


FIG. 361. — Nótense algunas referencias topográficas de la raíz del miembro visto por delante. Dedúzcanse las regiones clásicas: la vascular del muslo (V), la inguinofemoral (IF), también llamada del triángulo de Scarpa; la obturatriz (Ob), también llamada aproximadora, y la del cuadríceps (C), también llamada de la fascia lata; todas ellas integran la región prefemoral. En cuanto a la rodilla, veamos la región rotuliana (Ro) limitada convencionalmente por los planos horizontales que pasan dos través de dedo por encima y por debajo de la rótula.

cia del menisco interarticular muy movible y deformable, que en actitud extensora (figura 355) debe de quedar estirado de delante atrás; en cambio, en actitud flexora, debe de quedar estirado lateralmente. Esta deformabilidad normal del menisco lo lleva con frecuencia a traumatismos que determinan su fractura y luxación.

Concluyamos, pues, en que los atributos funcionales indicados son referibles topográficamente a regiones concretas, regiones consignadas en la cuadrícula clásica, así: *Región inguinofemoral* (IF) (fig. 361); *región vascular* (V); *región del cuadríceps* (C); *región obturatriz* (Ob); *región rotuliana y articular de la rodilla* (R) [1].

[1] Sobre ligaduras vasculares en las regiones anterior del muslo y ortopedias en la articulación de la rodilla, consultar los apartados correspondientes a los capítulos 53 y 54.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

REGIONES PARA EL AVANCE. *Región anterior del muslo* = Región prefemoral (Región vascular del muslo. Región inguinofemoral. Región crural del cuadríceps. Región obturatriz o aproximadora). *Sustrato del primer tiempo de la marcha* = Sistema neuromuscular obturatriz. *Sustrato del segundo tiempo de la marcha* = Sistema neuromuscular crural. *Región rotuliana y articular de la rodilla.* Fascículo torcido del músculo aproximador mayor. Anillo del gran aproximador. Músculo aproximador menor. Músculo aproximador mediano. Músculo obturador interno. Múscu-

lo recto interno. Músculo cuadríceps crural. Músculo recto anterior. Músculo vasto interno. Músculo vasto medio o crural. Músculo psoas-ilíaco. Músculo pectíneo. Músculo sartorio. Nervio crural. Nervio obturatriz. Arteria femoral común. Arterias pudendas superficiales. Arteria femoral superficial. Arteria femoral profunda. Arterias circunflejas femorales. Arterias nutricias del cuadríceps. Círculo arterial perirrotuliano. Meniscos de la rodilla. Agujero o anillo crural. Pliegue falciforme = = Ligamento de Gimbernat. Cinta ileopectínea.

CAPÍTULO 53

ANATOMÍA QUIRÚRGICA. VÍAS DE ACCESO. ACCESO A LOS PAQUETES VASCULONERVIOSOS DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

La *Anatomía Quirúrgica* ofrece referencias para practicar *vías de acceso* a través de cubiertas de nuestro organismo que hay que seccionar y separar. La sección es lo suficiente amplia para lograr con fundamento informativo el fin que se propone, pero lo más limitada posible para que evite amplitudes superfluas, desde el mismo momento en que se va a realizar la sección de la piel y de los planos que van a continuación, hay que establecer en superficie la proyección del órgano al que se pretende llegar. Esta proyección debe después ser pasada a referencias anatómicas sucesivas conforme se van practicando secciones cada vez más profundas.

Aunque los motivos de las intervenciones sólo puedan ser fundamentados clínicamente, nos interesa, con un lenguaje anatómico ahora, hacer alguna referencia: hemos de llegar quirúrgicamente *a los paquetes vasculonerviosos,* bien porque hay que ligar un vaso del paquete para evitar hemorragia de su zona de riego o bien para reparar el mismo vaso por estar afecto. Igualmente interesan los nervios del paquete si estuvieran lesionados, pues entonces hay que reponerlos. Procede igualmente llegar a las vísceras, pues éstas pueden ser tratadas quirúrgicamente en la variada gama de enfermedades que padezcan.

El acceso quirúrgico a un paquete vasculonervioso o *a una víscera,* realizado simplemente con arreglo a las indicaciones dichas, es diferente del acceso con un fin ortopédico concreto, como es el reparar quirúrgicamente un proceso funcional perturbado, que puede ser estático-dinámico del aparato locomotor y que también puede ser extensivo a toda víscera cuya función trastornada pueda repararse. En este último caso, la denominación *ortopedia* también podría seguir siendo apropiada en la esencia de su significado.

Todo lo que vamos a exponer, pues, se refiere a un acceso quirúrgico simple hacia un paquete, o bien un acceso no tan simple que lleva en sí ya la intención reparadora determinada. Su eficacia es de suponer, si se lo ensaya en el cadáver. A este propósito, grandes zonas de cadáver, sobre todo en el lado izquierdo, quedan íntegras al final de un curso oficial de Anatomía, pues la mayor parte de las disecciones, especialmente las de tipo parietal, fueron realizadas en el lado derecho. Queda, pues, el lado izquierdo, útil para la práctica de Anatomía Quirúrgica que vamos a desarrollar.

ACCESO A LOS PAQUETES VASCULONERVIOSOS DE LA EXTREMIDAD INFERIOR

En la extremidad inferior hay paquetes vasculonerviosos susceptibles de ser descubiertos por vías de acceso apropiadas.

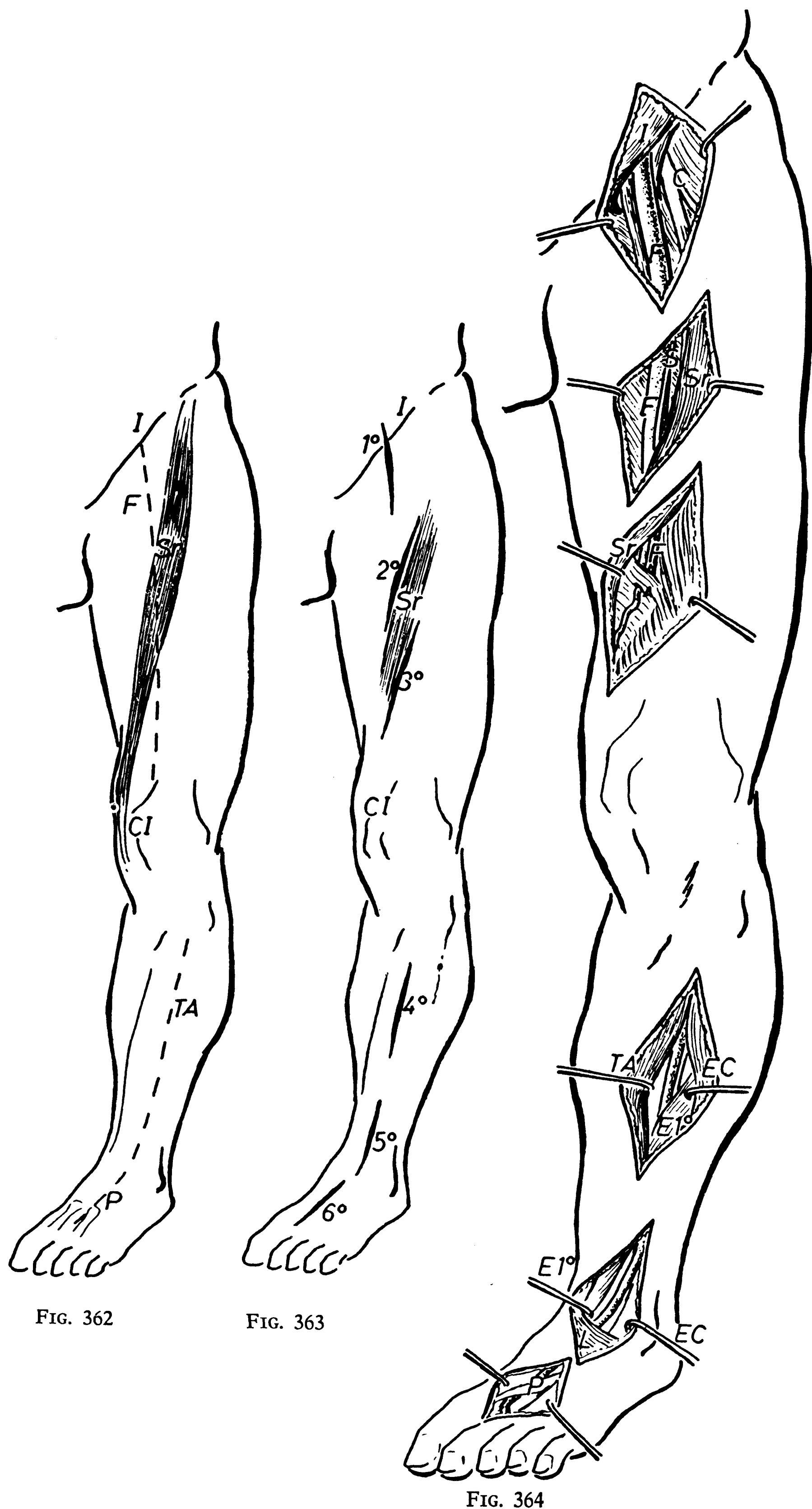


Fig. 362

Fig. 363

Fig. 364

Figs. 362, 363 y 364. — Visión esquemática anterior de la extremidad inferior, apreciando sucesivamente: primero, las proyecciones vasculonerviosas (puntos) (fig. 362); en segundo término, las zonas elegidas para la incisión cutánea (figura 363); en tercer lugar, las vías de acceso a través de las incisiones cutáneas elegidas (fig. 364).

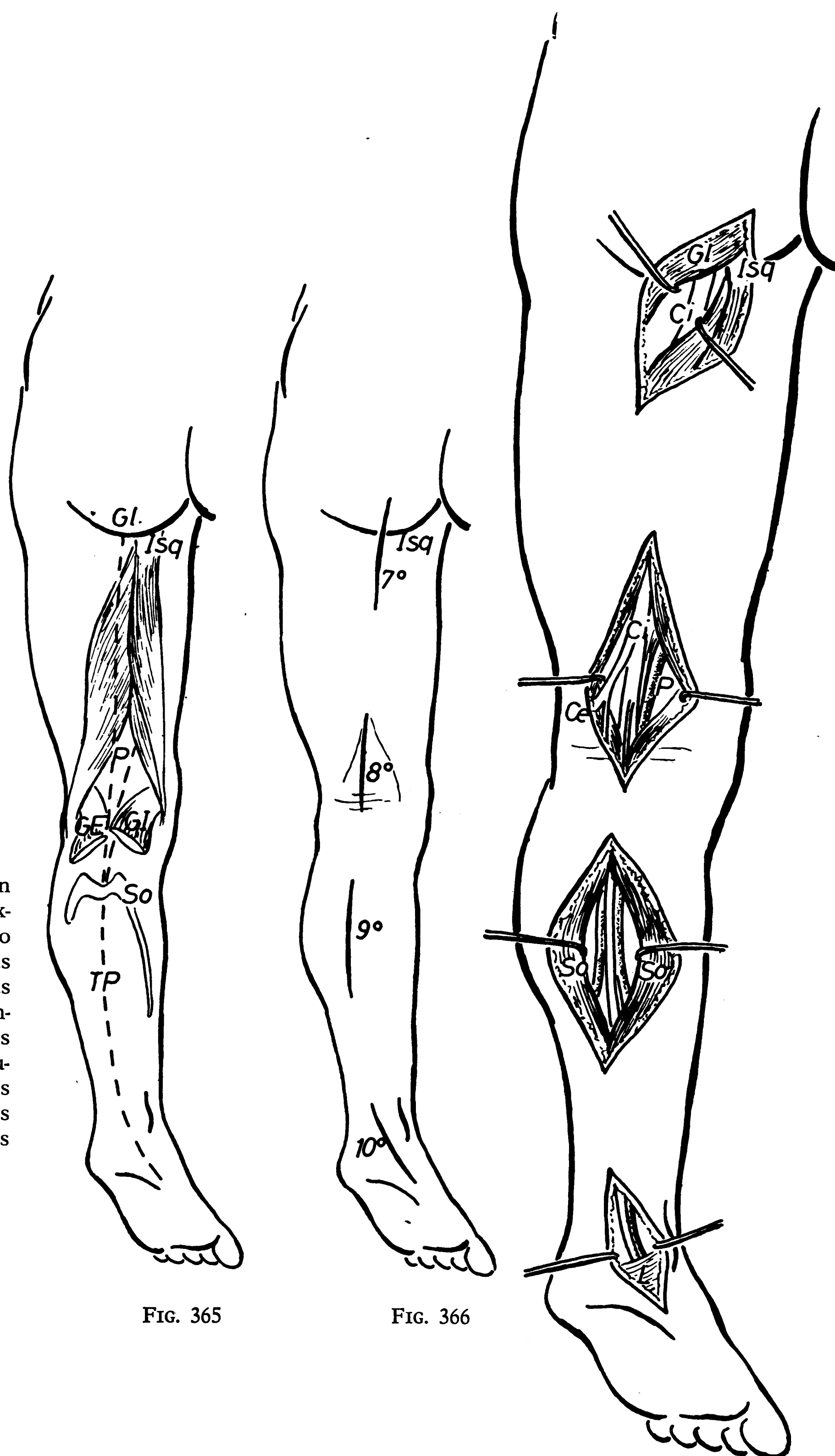


FIG. 365

FIG. 366

FIG. 367

FIGS. 365, 366 y 367. — Visión esquemática posterior de la extremidad inferior, apreciando sucesivamente: primero, las proyecciones vasculonerviosas (puntos) (fig. 365); en segundo término, las zonas elegidas para la incisión cutánea (figura 366); en tercer lugar las vías de acceso a través de las incisiones cutáneas elegidas (fig. 367).

Distingamos en primer lugar las *proyecciones vasculonerviosas en superficie* que permitan plantear la vía de acceso; después, analicemos las *referencias sucesivas* conforme se va profundizando en ella.

Los vasos, referidos a las arterias, a partir de la femoral ofrecen una proyección que arranca justamente en la mitad de la ingle (I) (fig. 362), descendiendo en situación rectilínea hacia la parte posterior del cóndilo interno (CI), para hacerse poplítea. Como este trayecto está cruzado por el sartorio (Sr) (ostensible en la superficie exterior), trazado desde la espina ilíaca anterosuperior en dirección al cóndilo interno (CI), es lógico que la arteria femoral, según su altura, pueda ser accesible: a nivel de la ingle (I) (1.°, figura 363); inmediatamente por dentro del sartorio (Sr) (2.°); por último, inmediatamente por fuera del mismo músculo (3.°).

Llegada la femoral tras el cóndilo interno y hecha poplítea, da lugar a varias ramas terminales, de las cuales la tibial anterior (TA) (fig. 362) desciende profundamente por la parte anterior del ligamento interóseo tibioperoneal, alcanzando enseguida el tobillo, haciéndose pedia (P) y terminando en seguida a nivel del primer espacio intermetatarsiano, donde se anastomosa con la arteria plantar externa. Este trayecto puede ser abordado en plena pierna (4.°, fig. 363), a nivel del tobillo (5.°) y en el dorso del pie antes de perforar el espacio intermetatarsiano (6.°).

En cuanto a la arteria poplítea en el espacio poplíteo (P) (fig. 365), cuya proyección debe referirse a la diagonal mayor de ese rombo, notemos que hacia abajo se continúa con la arteria tibial posterior (TP) justamente por el centro de la pierna, apuntando en seguida al canal posterior interno del tobillo, al que cruza por su línea media. Por otra parte, consideraremos el nervio ciático dividido en el mismo rombo poplíteo terminalmente y sirviendo aquí de justa referencia a la diagonal del rombo. Este nervio ciático más arriba, en la cadera, desciende inmediatamente por fuera del isquion (Isq). De todo lo dicho tenemos: una vía de acceso al ciático, incidiendo (7.°, fig. 366) inmediatamente por fuera del isquion (Isq), cruzando justamente el repliegue subglúteo; es la vía de acceso isquiática. Tenemos la vía de acceso poplítea (8.°) para el ciático terminal y la arteria poplítea. La vía de acceso tibial posterior (9.°) para la arteria y nervios de este nombre. La vía de acceso tibial posterior del tobillo, en fin (10.°), a partir de una incisión entre el calcáneo y el maléolo interno.

1.° Acceso a la arteria femoral a nivel de la ingle

La incisión de la piel (1.°, fig. 363) que pasa vertical por la parte media de la ingle (I) en sentido ascendente, va seguida de la separación de los dos labios cutáneos, llevándose con ellos la grasa subcutánea y dejando en profundidad una aponeurosis que por parte de la ingle (I) (fig. 364) es bien manifiesta y que por parte del muslo es un tanto laxa y difícilmente independizable como fascia cribiforme. La disociación de dicha fascia cribiforme, siguiendo el mismo sentido que la incisión en la piel, descubre la vaina de la arteria femoral (F), que hacía relieve ya junto con la vena situada inmediatamente por dentro de ella. Abierta la vaina que envuelve, queda la arteria y la vena femoral, sueltas y diferenciadas a partir del ligamento de la ingle, que las limita por arriba. Tirando del ligamento de la ingle (I) con una erina en sentido ascendente, queda dilatado el agujero crural limitado por dentro por el ligamento de Gimbernat o ligamento falciforme, y por fuera por la cinta iliopectínea, cinta que abraza al músculo psoas junto con el nervio crural (C) (fig. 364).

2.° Acceso a la femoral por dentro del sartorio

La incisión (2.°, fig. 363) cae sobre el relieve del sartorio (Sr), músculo que debe ser aquí mostrado al profundizar en el corte cutáneo y reclinado hacia afuera (Sr) (fig. 364). Entonces la arteria femoral (F) queda en manifiesto previa abertura de su vaina vascular. En esta misma vaina puede encontrarse el nervio safeno (S) y la vena femoral oculta tras la arteria.

3.º Acceso bajo a la arteria femoral inmediatamente por fuera del sartorio

Notemos que la incisión cutánea (3.º, figura 363) cae bastante por encima del cóndilo interno y por fuera del sartorio. Este músculo (Sr) (fig. 364) debe ser reclinado hacia adentro y entonces se ponen de manifiesto las llamadas fibras arciformes (A), que tapan la arteria femoral englobándola en el llamado conducto femoropoplíteo de Hunter. Estas fibras arciformes que unen el gran aproximador y el vasto interno son perforadas por el llamado 3.er nervio perforante, que va a la piel y se pone tenso al retirar el labio interno de la herida con el sartorio juntamente. Este nervio perforante sirve de referencia para perforar las fibras arciformes en una incisión vertical y, tras de ella, la arteria femoral (F) queda en manifiesto teniendo detrás la vena. Interesa que la incisión cutánea no sea demasiado baja, pues entonces el conducto femoropoplíteo caería excesivamente posterior y, por lo tanto, muy alejado de esta vía de acceso. Por eso la presencia de ese nervio perforante nos permitiría orientar la vía de acceso dentro de un nivel correcto.

4.º Arteria tibial anterior en plena pierna

Recordemos que la incisión (4.º, fig. 363) es paralela y equidistante entre la cresta tibial anterior y el eje del peroné. La incisión cutánea bien abierta muestra una aponeurosis que encelda los músculos de la región anterior de la pierna. Esta aponeurosis debe ser cortada y saber encontrarse el intersticio de separación entre el músculo tibial anterior (TA) (fig. 364) y los extensores (común, EC, y del dedo gordo, E 1.º). Estos extensores quedarán manifiestos porque precisamente el músculo extensor del dedo gordo (E 1.º) se encuentra en la máxima profundidad del espacio interóseo, e inmediatamente sobre la arteria tibial anterior, que así queda de manifiesto. El intersticio de separación muscular es, pues, la clave de la vía de acceso y resulta tanto más difícil de precisar cuanto a más alto nivel se haya dado la incisión cutánea.

5.º Ligadura de la arteria tibial anterior a nivel del tobillo

Siempre en la parte media de las correderas tendinosas anteriores del tobillo se da la incisión (5.º, fig. 363), que, bien abierta, muestra en seguida la aponeurosis, en la que hay que saber distinguir inferiormente el ligamento anular anterior (L) (fig. 364). Entre los distintos tendones que pasan bajo el ligamento anular debe de distinguirse el del extensor del dedo gordo y el extensor común, encontrándose entre ambos la arteria tibial anterior.

6.º Ligadura de la arteria pedia

Desde el tobillo hacia el primer espacio intermetacarpiano va la incisión cutánea (6.º, fig. 363), que, bien abierta, nos ofrece el primer vientre del músculo pedio (P) (fig. 364), Inmediatamente debajo de éste se encuentra la arteria que lo cruza en profundidad y camina hacia el espacio intermetacarpiano, que perfora.

7.º Acceso al nervio ciático por fuera del isquion

Debe palparse el isquion (Isq) (fig. 365) inmediatamente por debajo y por dentro del pliegue glúteo (Gl). Como el nervio ciático discurre en profundidad inmediatamente por fuera de esa tuberosidad isquiática, la incisión cutánea cae vertical, aquí justamente (7.º, fig. 366), debiendo de atravesar toda la grasa de esta región y el plano aponeurótico que en ella se infiltra, lo que permite diferenciar el borde inferior del músculo glúteo (Gl) (fig. 367) y el paquete muscular que, del isquion, va a la región poplítea. Separado el intersticio muscular glúteo-isquiático, el nervio ciático queda profundamente en manifiesto (Ci) (fig. 367).

8.° ACCESO POPLÍTEO AL CIÁTICO TERMINAL Y A LA ARTERIA POPLÍTEA

El nervio y arteria quedan encuadrados en la diagonal del rombo poplíteo en su mitad superior (fig. 365); por lo tanto, la incisión (8.°, fig. 366) seguirá la mitad superior de la diagonal poplítea. Al separar los dos labios cutáneos llevándose la grasa que infiltra la aponeurosis, se aprecia la separación entre el músculo bíceps y el semimembranoso, dejando en medio profundamente el nervio ciático (Ci) (fig. 367), que sigue descendente y se continúa con el nervio ciático poplíteo interno. El nervio ciático poplíteo externo (CE) queda siempre junto al músculo bíceps y, por lo tanto, inmediatamente hacia afuera. Por dentro del ciático poplíteo interno queda la arteria poplítea (P), un tanto tapada por la vena, pues ésta aquí cubre la arteria (al revés de lo que ocurría en su trayecto femoral). En el rombo no interesa llegar al límite de los gemelos al unirse entre sí, pues son muy profusos los paquetes vasculonerviosos que se distribuyen aquí por haber musculaturas interponiéndose al acceso.

9.° ACCESO A LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR A NIVEL DE LA MITAD DE LA PIERNA

Notemos que su proyección va justamente por la línea media (TP) (fig. 365). Allí, por lo tanto, hacemos la incisión en la piel (9.°, figura 336), bastante amplia, pues hay mucho que profundizar. Siguiendo la incisión a lo largo del plano de los gemelos, éstos deben quedar cortados longitudinalmente y cada uno reclinado hacia adentro y hacia afuera respectivamente. Entonces debe quedar descubierto el sóleo ampliamente, pues su sección ha de atravesar un gran espesor de tejido muscular, sin olvidar una aponeurosis intermedia que posee y que no debe de desorientar, pues detrás del corte de esa aponeurosis intermedia debe seguir la sección de una buena cantidad muscular residual del sóleo profundamente situada. Sólo después de esta última sección, el sóleo se reclina por sus dos labios cortados (So) (figura 367), traccionando fuertemente hacia afuera y hacia adentro, debiendo entonces reconocerse el espacio grasiento que queda por debajo de dicho músculo, por donde discurre el nervio tibial posterior, así como la arteria tibial posterior y la peronea, por dentro y por fuera de este nervio, respectivamente. A la dificultad de la sección del grueso espesor muscular del sóleo con su aponeurosis intermedia, hay que añadir la inevitable sección de venas sóleas, varicosas frecuentemente. Llegados al espacio grasiento que hay debajo del sóleo, entonces se comprende el papel de mortaja muscular que hace este músculo, ayudando así a la circulación en circunstancias normales, mientras que en circunstancias patológicas desencadena gran formación de varices internas.

10.° ACCESO A LA ARTERIA TIBIAL POSTERIOR EN EL TOBILLO

Su proyección descendente (fig. 365), justo entre el calcáneo y el maléolo interno, permite dar una incisión cutánea (10.°, fig. 366) que no llegue a introducirse en el puente de la planta del pie. Reclinados los dos colgajos cutáneos, en seguida se puede reconocer el ligamento anular interno (L) (fig. 367) del tobillo, por encima del cual, pero recubiertos por él, están la arteria y el nervio tibial posterior, fácilmente aislables antes de haber tenido que enfrentarse con ningún tendón flexor largo, pues estos tendones están situados profundamente.

CAPÍTULO 54

ACCESOS ORTOPÉDICOS = ACCESOS ORTOPÉDICOS EN EXTREMIDAD INFERIOR

Son aquellos donde una vía de acceso determinado va preparando la acción ortopédica, que se acabará de culminar después en órganos de profundidad. Accesos ortopédicos pueden realizarse en la extremidad inferior, en la superior, en las paredes del tronco, en las vísceras e incluso en la cabeza y en el cuello.

LOS ACCESOS ORTOPÉDICOS EN LA EXTREMIDAD INFERIOR podrán resumirse de la manera siguiente: 1.° Procede una ortopedia tarsiana cuando el apoyo es defectuoso (pie aplanado, pie excavado, osteomielitis, etc.). 2.° Procede una ortopedia peroneopoplítea cuando por diversos motivos un proceso óseo o cicatricial engloba al nervio ciático poplíteo externo. 3.° Procedería una ortopedia en la articulación de la rodilla en algunas de las muchas afecciones que puede padecer. 4.° Lo mismo decimos del acceso ortopédico en la cadera.

1.° ORTOPEDIA TARSIANA [1]

La articulación medio tarsiana se aprecia en el dorso del pie por el relieve que hace la cabeza del astrágalo (As) (fig. 368) al articularse con el escafoides, ya que se trata de la parte más culminante y amortiguadora; en cambio, la parte calcáneo-cuboidea (Cu) no es observable así, pues está situada a más bajo nivel, prácticamente para el apoyo. Estas dos zonas, diferentes en su organización y función, deben ser delimitadas en fases operatorias diferentes. Con tal fin, una incisión cutánea dorsalmente entre el tercero y cuarto metatarsiano a todo lo largo (fig. 369), deberá de dejar a un lado el relieve articular astrágalo-escafoideo y al otro lado la superficie que corresponde a la articulación calcáneo-cuboidea. Así, la incisión llega al tobillo, desviándose aquí bruscamente, abrazando el maléolo externo con amplitud por fuera del tobillo, pues esta articulación es así fácilmente accesible por su parte externa cuando deba ser intervenida.

Si se tratase de *pie plano* debe de reclinarse el labio interno cutáneo de la incisión juntamente con todas las partes blandas subyacentes que deberán de haber sido cortadas hasta rasar el hueso. De esta suerte, el colgajo interno que se separa, resulta cutáneo y muscular y debe dejar al descubierto, bien desnuda, la articulación astrágalo-escafoidea (As) (fig. 370), la cual puede ser calzada dorsalmente con cuñas óseas apropiadamente dispuestas para ello. Así, el pie plano, expandido dorsalmente, llegaría a excavarse por su parte opuesta de apoyo plantar.

Si, por el contrario, se tratase de *pie ex-*

---

[1] Los fundamentos fisiopatológicos de la ortopedia tarsiana que aquí se indica, se basan en demostraciones en quirófano aprendidas del Profesor LOZANO MONZÓN durante el año 1934. Al recordarlo ahora, se omite la parte puramente clínica.

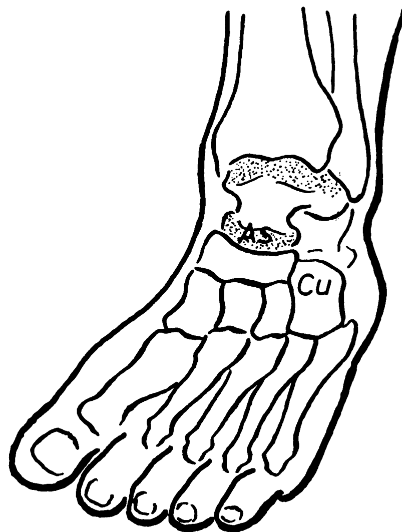


FIG. 368



FIG. 369

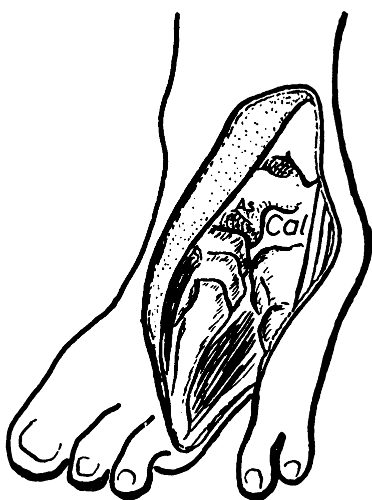


FIG. 370

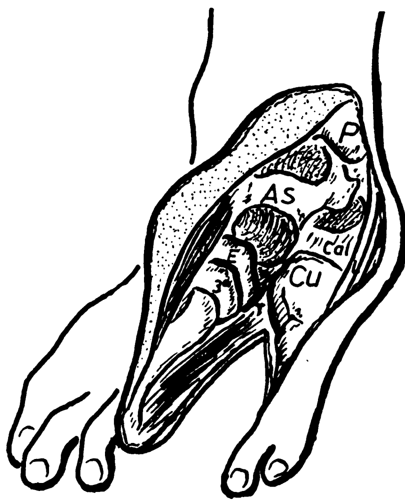


FIG. 371

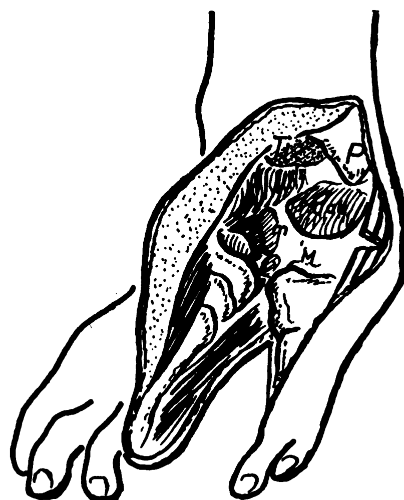


FIG. 372

FIGS. 368, 369, 370, 371 y 372. — Representan esquemáticamente fases de ortopedia tarsiana a partir del dorso del pie (fig. 368), siguiendo después con una incisión longitudinal superior que sirve para cualquier ortopedia (fig. 369). A continuación, hendida la incisión longitudinalmente en su totalidad, queda separada la parte elástica del pie de la parte de apoyo externo, y entonces puede actuarse en la cabeza del astrágalo (A), calzándola superiormente para contrarrestar el pie plano. En fase más avanzada (fig. 371) se consigue luxar la cabeza del astrágalo (As) y ver el ligamento triangular de la planta (T), al que se puede cortar, en caso de pie excavado, pues entonces se consigue un derrumbamiento del puente. En una última fase (fig. 372) se demuestra la resección del astrágalo, lo que deja un campo muy accesible para raspados, en caso de tuberculosis tarsiana.

cavado, entonces interesa profundizar la incisión cutánea entre el tercero y cuarto metacarpiano y hacerle completa dorsoplantarmente para separar ese espacio del todo; logrado lo cual, se prolonga la separación, siempre longitudinalmente, entre los huesos del tarso; así se llegará a abrir la articulación que hay entre el cuboides (Cu) (fig. 371) y la tercera cuña (3.ª); ello obliga también a separar el calcáneo (Cal) del escafoides (E).

Entonces en el fondo de esta última separación puede observarse el *ligamento triangular* (T) (fig. 371), cortándolo para que cese la exagerada tirantez que mantiene el pie excavado. Inclusive pueden cortarse los fuertes tendones musculares flexores que hay bajo el ligamento triangular, cosa necesaria si la excavación del pie tiene aspecto varo-equino.

Supongamos que ahora se trata de una *osteomielitis* de los huesos del tarso, centrada, como casi siempre ocurre, en el astrágalo (As) (fig. 371). Entonces, aprovechando la incisión y reclinaciones que hemos realizado hasta ahora, que abarcan ampliamente el maléolo peroneal (P), profundizamos hasta llegar al hueso, cortando los dos tendones de los peroneos laterales (L), así como los ligamentos laterales externos de la articulación del tobillo, con lo cual esta articulación queda fácilmente abierta, pudiéndose luxar el astrágalo hacia adelante y hacia afuera mediante apropiadas tracciones en el pie. Así exteriorizado, el astrágalo puede ser fácilmente resecado, abriendo para ello también la articulación astrágalo-escafoidea y la astrágalo-calcánea, consiguiendo esto último al seccionar también el ligamento interóseo astrágalo-calcáneo. El hueso astrágalo así puede ser fácilmente enucleado. Después se actúa en toda la parte tarsiana restante que participa en la caries (fig. 372). Notemos que la reconstrucción obligaría a una regulación de las zonas óseas que han de coaptar y que naturalmente se espera que cicatricen, produciendo aquí una anquilosis un tanto elástica y no desfavorable para su estática y dinámica futura.

2.° Ortopedia peroneo-poplítea

Por lo general se trata de un proceso óseo expansivo acontecido en la cabeza del peroné. Por lo tanto, la cabeza del peroné debe ser resecada, el nervio ciático poplíteo externo (CPE) liberado y la circulación arterial interósea descomprimida.

La cabeza del peroné (Cab) (fig. 373) puede ser tactada y esta referencia permite proyectar el paso del ciático poplíteo externo (CPE) bordeándola por detrás y por abajo.

La incisión cutánea sigue aproximadamente la proyección del nervio ciático poplíteo externo. La reclinación de los dos colgajos de piel debe de demostrarnos el nervio (CPE) (fig. 374) pasando bajo el músculo peroneo lateral largo (PLL). Dicho peroneo debe ser legrado de sus inserciones en la cabeza del peroné, respetando siempre el paso del nervio hacia adelante hasta los músculos extensor común y tibial (T), que también deben ser desinsertados de sus ataduras altas en la tibia y reclinados hacia abajo. De esta manera, el nervio queda francamente visible (figura 375) en el momento en que termina en los cabos musculares que se han legrado.

Ya no queda más que resecar la *cabeza del peroné*, que ha quedado desnuda, cortando su cuello y reclinando dicha cabeza hacia arriba, desarticulándola previamente de la tibia y desinsertándola del músculo bíceps. Así, puede observarse en profundidad la arteria tibial anterior (ATA) (fig. 375) atravesando el espacio interóseo completamente libre, con lo que la circulación se restablece. *Arteria tibial anterior* y *nervio ciático poplíteo externo* quedan así liberados, bordeando por dentro y por fuera, respectivamente, el cuello del peroné cortado en esta operación.

3.° Ortopedia de la articulación de la rodilla

Fácil abertura de la articulación resulta por delante (fig. 376), pues si todos los planos se seccionan horizontalmente por debajo de la rótula, puede abrirse ampliamente la cavidad articular con sólo flexionar la rodilla. Naturalmente esta incisión cutánea más o menos horizontal forma un arco que, lateralmente, llegará, siempre siguiendo el margen articular, a interesar más o menos los ligamentos laterales.

Notemos en el interior de la rodilla (figura 377) la superficie de los cóndilos femorales y la de las glenoides tibiales ocupadas con los meniscos. Igualmente se observan los *ligamentos cruzados*, cuya sección no debe de decidirse inmediatamente, sino después de analizar las circunstancias a acometer, pues tal sección hace *perder a la rodilla* un

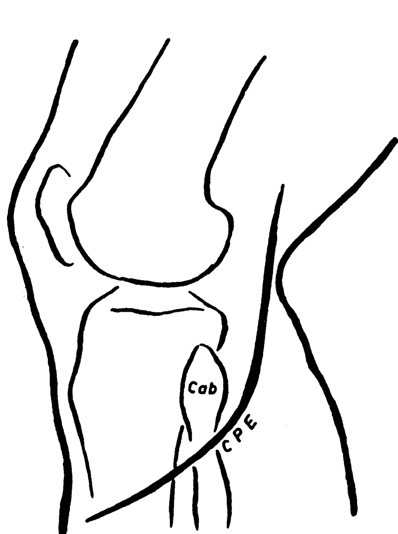


FIG. 373

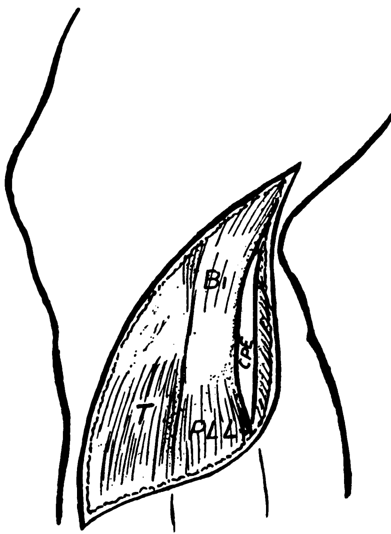


FIG. 374

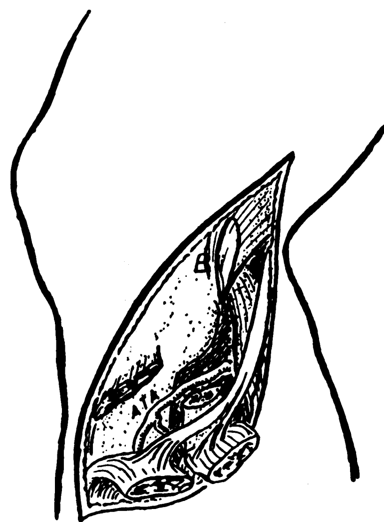


FIG. 375

FIGS. 373, 374 y 375. — Representan esquemáticamente fases de ortopedia peroneopoplítea, consistentes casi siempre en la resección de la cabeza del peroné que ha crecido en forma de osteoma y englobado el ciático poplíteo externo, dificultando también la circulación arterial de la zona. Nótese la proyección del ciático poplíteo externo que va a marcar la incisión cutánea (fig. 372). En fases siguientes se explica (en el texto) de qué manera se reseca la cabeza del peroné con integridad del nervio y de la arteria de la región.

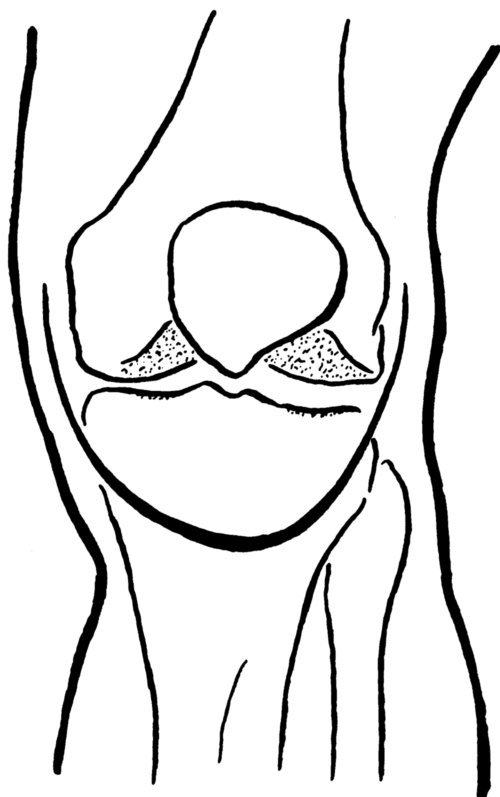


FIG. 376

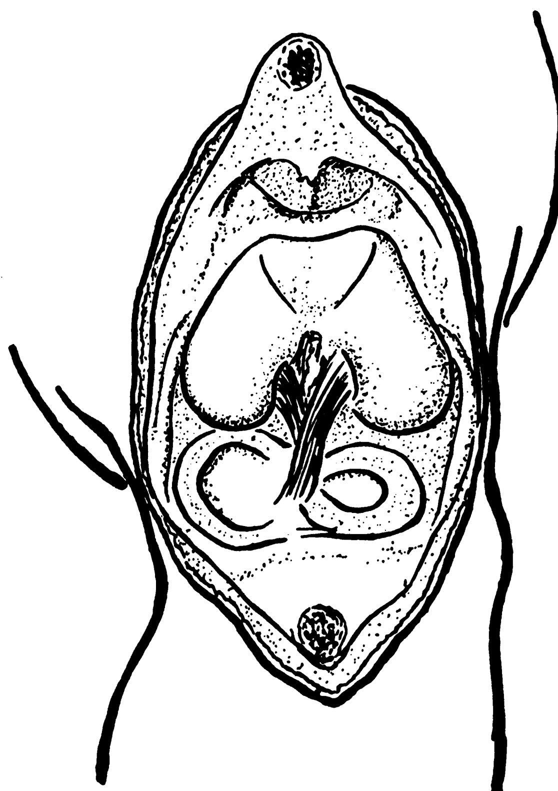


FIG. 377

FIGS. 376 y 377. — Referencias esquemáticas para la ortopedia de la articulación de la rodilla, mostrando en un principio la incisión cutánea y, finalmente, los elementos intraarticulares a tener en cuenta.

fundamental sostén; en cambio proporciona un amplio campo operatorio a causa del movimiento de deslizamiento, en cajón de mesa clásico, que adquiere.

Los *meniscos* están bien sujetos medialmente junto al ligamento interóseo; sus partes laterales, en cambio, son muy movibles (sobre todo la del menisco externo) y pueden ser delimitadas, dejando el menisco casi suelto, en disposición de resecarlo de una vez, si es necesario.

4.° La ORTOPEDIA EN LA ARTICULACIÓN DE LA CADERA obliga a abordar la operación por su parte posterior, que es una zona (aunque muy muscular) fácilmente luxable.

El trocánter mayor (T) (fig. 378) puede ser tactado posteriormente y ello es referencia para trazar desde aquí, en la piel, una incisión quebrada que siga al trayecto del hueso paralelamente; por lo tanto, tal incisión tendrá una parte oblicua desde el relieve trocantéreo (T) (fig. 379) hacia adentro y hacia arriba que circunda el cuello anatómico y que desde el mismo relieve trocantéreo desciende casi vertical y después se inclina para encontrar lateralmente el pliegue glúteo en la misma dirección.

La incisión cutánea debe llegar hasta la profundidad aponeurótica de la fascia lata, fascia que debe ser cortada siguiendo la misma dirección de la incisión cutánea. Este cor-

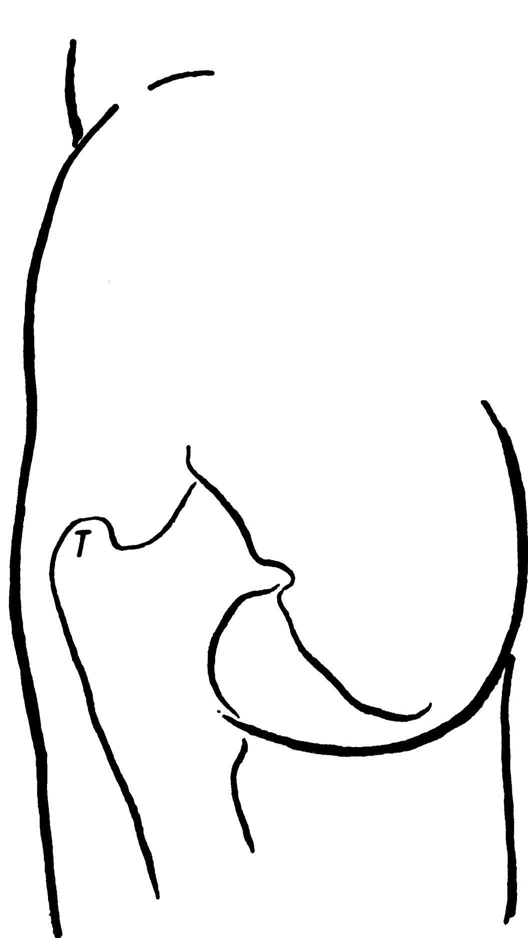


FIG. 378

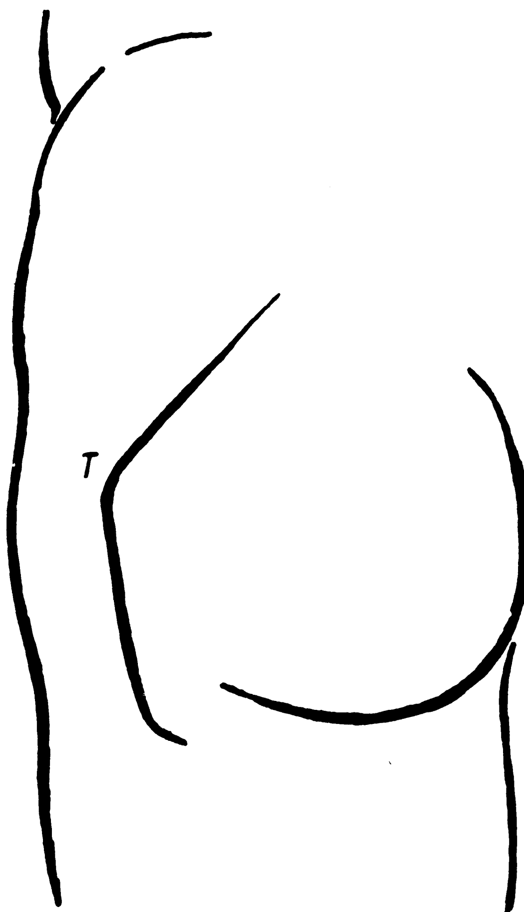


FIG. 379

FIGS. 378, 379, 380 y 381. — Representan esquemáticamente una serie de fases para llegar a la articulación coxofemoral, empezando por la proyección de algunas referencias (fig. 378); la incisión cutánea (fig. 379); los planos musculares de superficie seccionados (fig. 380); por último, tras la sección de los últimos planos, se ofrece la cápsula articular para ser incindida en forma de «T».

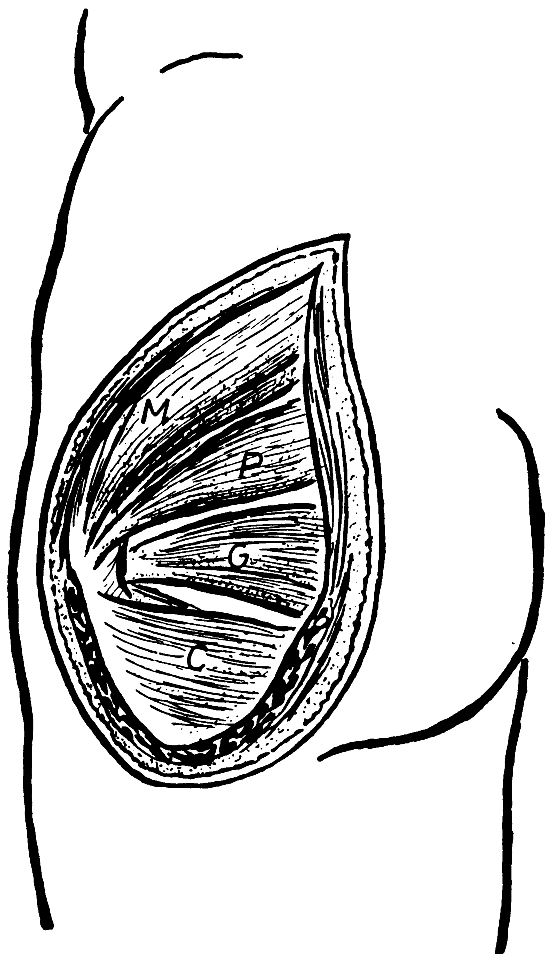


FIG. 380

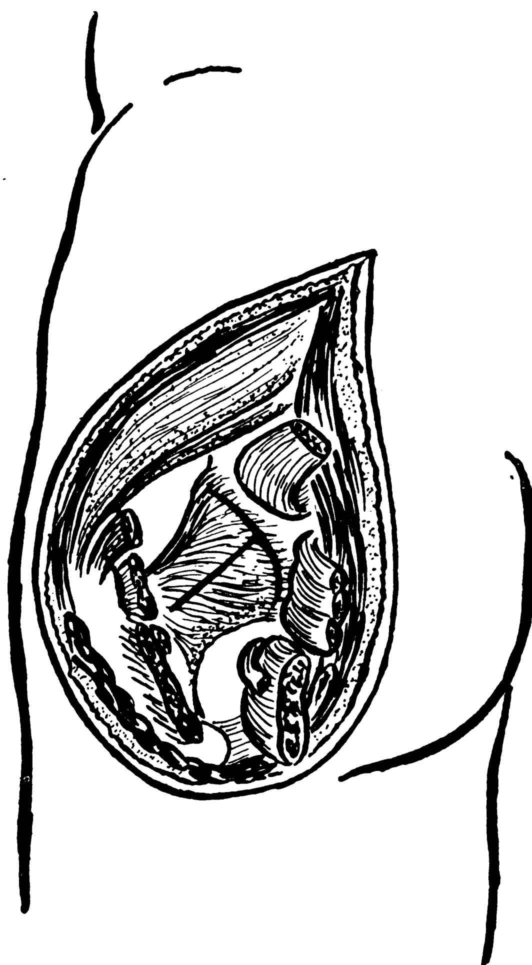


FIG. 381

te hacia arriba sigue también la incisión cutánea y obliga a seccionar la musculatura del glúteo mayor, pero longitudinalmente. En estas condiciones el colgajo musculoaponeurótico obtenido, a base del gran glúteo y fascia lata, se reclina con la piel hacia adentro (fig. 380), lo que demuestra planos más profundos a base del músculo glúteo mediano (M) (fig. 380), el piramidal (P), así como los géminos (G), con el obturador y el cuadrado crural (C). Estos músculos nombrados deben ser arrancados de su inserción trocantérea por legrado óseo y también reclinados hacia adentro, con todo lo cual la *cara posterior de la articulación* es accesible (fig. 381).

La abertura longitudinal de la cápsula hasta llegar al rodete y la prolongación de esta abertura en «T» (fig. 381) ciñéndose a la ceja del rodete óseo, permite la abertura de la articulación, lo cual facilita la luxación, que se consigue con sólo rotar el miembro hacia adentro. Las maniobras subsiguientes para resección de los componentes articulares están en relación con el matiz quirúrgico concreto que corresponda.

CONSIDERACIONES SOBRE AMPUTACIONES EN EXTREMIDAD INFERIOR. La necesidad imperiosa que determine eliminar una parte enferma del miembro inferior, motiva su mutilación, privándole de capacidad funcional. Esto es lo que recibe el nombre clásico de *amputación* y se realiza cortando el segmento del miembro y serrando el hueso al llegar a él o bien, aprovechando en este caso algún intersticio articular para efectuar la separación total sin necesidad de serrar. Sólo la clínica quirúrgica (en concreto, la especialidad de traumatología y, sobre todo, la ortopedia), puede orientar estos procederes lo más

fielmente posible hacia la meta que están destinados. Quedan, sin embargo, en Anatomía, siempre, las bases de organización para estos fines.

Cuando la separación se realiza por una articulación determinada, constituyendo la clásicamente denominada *desarticulación*, entonces la amplitud de los colgajos blandos que han de cerrar el corte y reponer la abertura, tiene que estar debidamente calculada y, en caso de duda, con exceso.

Por eso en la desarticulación tarsometatarsiana o de LISFRANC, por ejemplo, donde el bisturí tiene que saber recorrer bien la accidentada interlínea y, por lo tanto, separar la base encajada del segundo metatarsiano, hay que conseguir un colgajo plantar bien amplio para el cierre. En la desarticulación mediotarsiana o de CHOPART, habría que advertir lo mismo, sobre todo en cuanto al colgajo plantar, cuya amplitud para conseguir cierre habría de tener poca diferencia con la del empleado para la desarticulación precedente.

En la desarticulación del tobillo, aparte de lo indicado, hay que tener en cuenta la necesidad de una ortopedia que permita el apoyo a posteriori, por lo cual el calcáneo debe de quedar conservado para readaptarlo al realizar el cierre, eliminando, en cambio, todo el resto del pie, e incluso el astrágalo si es necesario, a pesar de estar incluido. Algo parecido podría decirse al desarticular la rodilla, donde la rótula puede conservarse para que sirva de apoyo en el muñón resultante, reponible a base de amplios colgajos.

En cuanto a la desarticulación coxofemoral (grave operación excepcionalmente indicada), en el cadáver puede ensayarla el alumno por primera vez, basándose en referencias que se indicaron para la resección de dicha articulación (4.° apartado, capítulo 54) y calculando a posteriori la amplitud del colgajo anterior, que es lo único que falta para el cierre, ya que el colgajo posterior hubo de tenerse en cuenta a priori.

EXTREMIDAD SUPERIOR

CAPÍTULO 55

LA ORGANIZACIÓN PARA LA MANIPULACIÓN Y FUNCIONES ANEXAS: EXTREMIDAD SUPERIOR. LA MANO. ESQUELETO DE LA MUÑECA: HUESOS Y ARTICULACIONES. ESQUELETO DE LA PALMA DE LA MANO Y DEDOS: HUESOS METACARPIANOS Y FALANGES. ARTICULACIONES

La extremidad superior (figs. 382 y 383) del hombre, homóloga a la anterior de los animales cuadrúpedos, tienen, al igual que en éstos, una misión de *apoyo*. Sin embargo, en el hombre la misión de apoyo es secundaria, pues su postura bípeda y erguida ha independizado al miembro superior del plano de apoyo, el suelo, lo que ha permitido que el extremo libre del miembro, es decir, la mano, ejerza funciones más importantes y específicas que la de apoyo. El resto de la extremidad superior (antebrazo, brazo y hombro) está destinado a aumentar en el espacio el campo de acción de la mano.

Así, a través de la mano, el miembro superior puede realizar acciones de aprehensión, las cuales, combinadas con otros movimientos, constituyen la compleja función de la manipulación, que hace de la mano el más perfecto instrumento de la inteligencia.

Además de instrumento, la mano es la expresión de la inteligencia y de los estados emocionales. Existe una mímica de la mano (puño cerrado para expresar odio o amenaza, mano suplicante, etcétera).

La extremidad superior realiza también otras funciones aparte de las mencionadas (apoyo, aprehensión y manipulación). Así, en la acción de trepar y en la elevación a pulso del cuerpo interviene toda la extremidad superior: agarramiento alto merced a la mano; elevación del tronco gracias a músculos como el dorsal ancho que enlaza el retrosoma con la extremidad superior; flexión de los distintos componentes del miembro superior.

La aprehensión de los objetos con la mano tiene muy diversos matices, que es preciso analizar. Existe una *aprehensión de eje longitudinal* o *empuñamiento,* en la que el objeto es asido y orientado en la misma dirección que el eje del miembro, como, por ejemplo, ocurre en el acto de empuñar el pomo de una espada. Obsérvese que en este caso se forma en la mano un canal de eje longitudinal con dos vertientes, de las cuales una es externa y otra interna.

En la *aprehensión de eje transverso* o *agarre* el objeto es asido fuertemente. El canal que ahora forma la mano es de eje transverso. Este acto lleva a la mano a la formación del puño o *apuñamiento.*

Como síntesis de la aprehensión de eje longitudinal y de la de eje transverso existe una *aprehensión* o *abrazamiento esférico,* como el que realiza la mano al coger un objeto esférico.

Por último, otro modo de asir los objetos es por medio de la *pinza manual* o *pinzamiento.* La función de pinza es de las más importantes y está muy diferenciada en la es-

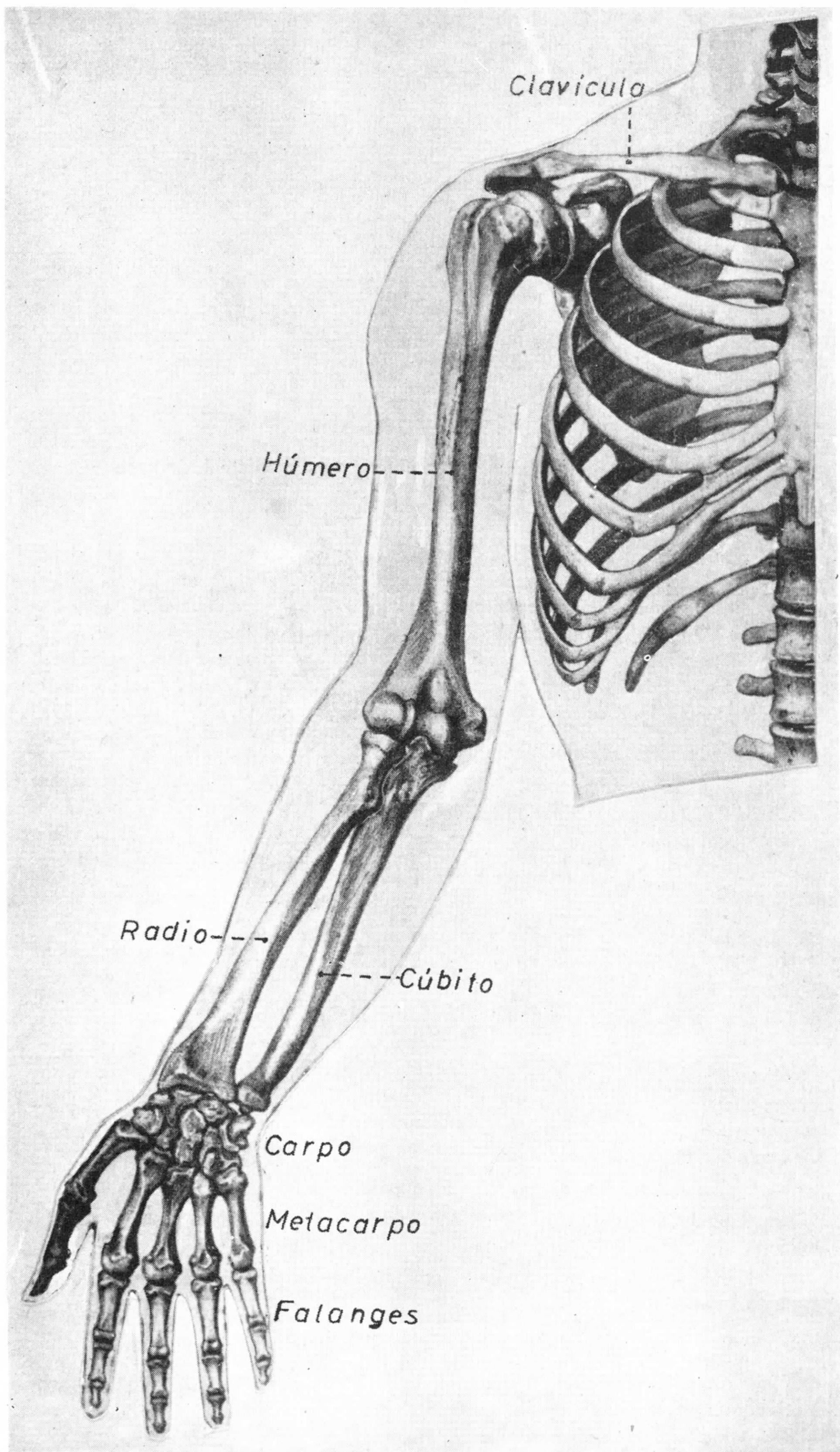


FIG. 382. — Esqueleto de la extremidad superior y del hemitórax, vistos por delante.

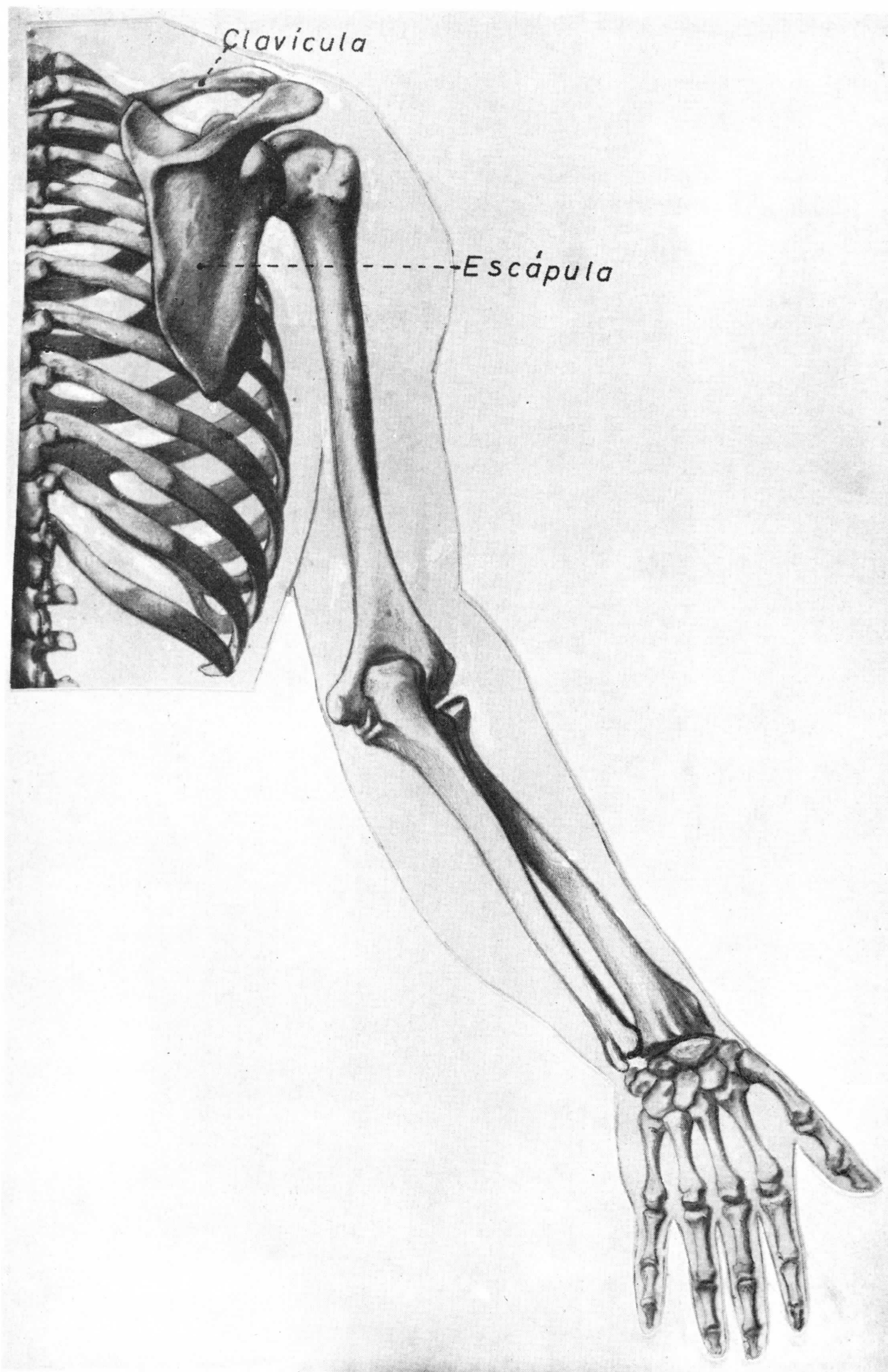


FIG. 383. — Esqueleto de la extremidad superior y del hemitórax, vistos por detrás.

pecie humana, hasta el extremo de que el hombre es el único que puede coger así un alfiler del suelo. La pinza consta de dos ramas, una de las cuales es siempre el pulgar y la otra es el índice, pero así como el pulgar es insustituible, el índice, en su función de rama de la pinza, puede ser sustituido por cualquiera de los tres últimos dedos. Empecemos el estudio a partir del esqueleto.

ESQUELETO DE LA MANO

La mano humana es de tipo pentadáctilo, es decir, que está constituida por cinco ejes que hacia arriba confluyen en un macizo óseo llamado *carpo*. Esquemáticamente, puede asignarse al carpo una misión fundamental de apoyo y a los cinco ejes las funciones de aprehensión, por lo cual éstos no pueden ser piezas únicas, sino que están fragmentados para formar *metacarpianos* y *falanges* (figs. 382 y 383). Así, pues, el esqueleto de la mano está integrado de arriba a abajo por el carpo, los metacarpianos y las falanges. Estas piezas esqueléticas, unidas entre sí por medio de articulaciones, constituyen las palancas pasivas sobre las que actúan los sistemas neuromusculares que dan el dinamismo a la mano.

El carpo y sus articulaciones

El carpo es un macizo óseo que sirve, como ya se ha dicho, fundamentalmente, para el apoyo que a través de toda la extremidad se transmite a la mano. Pero, además, el carpo tiene otras misiones, entre las que destaca la de engastar la mano al antebrazo y la de recibir las partes proximales (o metacarpianos) de los cinco ejes esqueléticos. Estas misiones hacen que el carpo intervenga muy activamente en los movimientos de la mano sobre el antebrazo (que es una de las maneras de aumentar el campo de acción de la mano) e incluso en los de aprehensión, lo cual explica que el carpo no sea un solo hueso, sino un mosaico de huesos muy unidos entre sí, pero que da elasticidad al macizo carpiano.

La mano se une al antebrazo a nivel de la ARTICULACIÓN RADIOCARPIANA, unión que permite a aquélla movimientos de flexión, de extensión, de lateralidad, de circunducción y de rotación, aunque estos últimos muy limitados. Estos movimientos son los propios de una articulación condílea. En efecto, existe un cóndilo carpiano que se contrapone a una cavidad glenoidea antebraquial.

El CÓNDILO CARPIANO no es un hueso único, sino que está constituido por tres huesos articulados entre sí, que de fuera a dentro son: el *escafoides*, el *semilunar* y el *piramidal* (fig. 384).

A las caras superiores de estos huesos, las cuales forman la superficie condílea, se contrapone la CAVIDAD GLENOIDEA, constituida por el radio o hueso externo del antebrazo (concretamente por la cara inferior de su extremidad inferior, que se prolonga con la *apófisis estiloides*) y por la cara inferior del *ligamento triangular* (fig. 385), que se extiende entre el borde interno de la cara inferior del radio y la apófisis estiloides del cúbito o hueso interno del antebrazo.

En la cavidad glenoidea puede observarse la correspondencia de cada uno de los huesos que forman el cóndilo carpiano. Así, la parte externa de la cara inferior del radio corresponde al escafoides, mientras que su parte interna se contrapone al semilunar. A veces, en la cara inferior del radio se esboza una arisca que separa las superficies escafoidea y semilunar. La cara inferior del ligamento triangular corresponde al hueso piramidal.

La cavidad glenoidea, engastada al cóndilo carpiano, puede rotar alrededor de un eje que por abajo pasa por la apófisis estiloides del cúbito. Así pues, el cúbito actúa como eje de rotación de aquella cavidad, mientras que el radio es el que se desplaza. Este desplazamiento se expresa en movimientos de rotación de la mano, los cuales son, como ya se ha dicho, muy limitados a nivel de la articulación radiocarpiana. Puesto que el cúbito es un hueso fijo en los movimientos de rotación de la mano, su cara inferior no puede formar parte de la cavidad glenoidea desplazable, por lo que la parte interna de dicha cavidad es un elemento elástico, el ya citado ligamento triangular, cuyo centro de giro es la apófisis estiloides del cúbito donde toma inserción.

Debajo del escafoides, del semilunar y del piramidal, que forman una primera fila o *fila superior del carpo*, existe una *segunda fila*

de huesos (fig. 384), que, articulados con los de la primera, contribuyen a que el carpo, así fragmentado, pueda participar en los movimientos de la articulación radiocarpiana. Esta segunda fila, que es la que recibe los metacarpianos, se dispone en dos bloques.

El bloque interno está constituido por el hueso-eje del carpo, que por su relativo gran tamaño recibe el nombre de *hueso grande,* y por otro en forma de cuña que se denomina *hueso ganchoso,* que es interno con respecto al primero. Las caras superiores de ambos forman un cóndilo que se articula con una cavidad glenoidea, constituida por la cara interna del escafoides y por las caras inferiores del semilunar y del piramidal. Por debajo, el bloque interno de la segunda fila del carpo recibe los metacarpianos que de una manera más activa intervienen en la aprehensión de eje longitudinal (acto de empuñar). Estos metacarpianos son los tres últimos (o internos), de los cuales el tercer metacarpiano se articula con el hueso grande, mientras que los metacarpianos cuarto y quinto se unen a la cara inferior del hueso ganchoso.

El *eje anatómico de la mano* pasa por el tercer dedo y por el tercer metacarpiano, y en el carpo se continúa con el hueso grande por abajo y el semilunar (así llamado porque abraza en forma de semiluna anteroposterior al hueso grande) por arriba. De ello resulta que el eje anatómico de la mano corresponde al eje esquelético más fragmentado (falanges del tercer dedo, tercer metacarpiano, huesos grande y semilunar).

El bloque externo de la segunda fila del carpo está constituido también por dos huesos: el *trapecio* y el *trapezoide.* Las caras superiores de éstos, cóncavas, forman una cavidad glenoidea que recibe el cóndilo labrado en la cara inferior del escafoides.

Obsérvese, pues, que la articulación que une la primera fila del carpo con la segunda, llamada ARTICULACIÓN MEDIOCARPIANA, es una doble condílea. Los metacarpianos que por abajo se articulan con los huesos del bloque externo de la segunda fila del carpo son los que constituyen las ramas de la pinza manual. El primer metacarpiano, que forma parte de la rama externa de la pinza (la rama móvil), se engasta con el trapecio por medio de una articulación de encaje recíproco que facilita la gran amplitud de movimientos que necesita. Por el contrario, el segundo metacarpiano, que forma parte de la rama fija de la pinza, encaja fuertemente en una mortaja que le forma el trapecio por fuera, el trapezoide por arriba y el hueso grande por dentro.

Por la cara anterior o palmar del carpo pasan, aparte de tendones, elementos vasculonerviosos que no deben ser aplastados cuando el carpo apoya. Ello es evitado porque el carpo tiene forma de canal cóncavo hacia adelante, por cuyo fondo transcurren los elementos mencionados. El *canal del carpo* se origina por salientes palmares situados a los lados del carpo que, como accidentes óseos, quedan incorporados a algunos de los huesos del carpo. Así, el escafoides y el trapecio presentan sendos tubérculos *(tubérculo del escafoides* y *tubérculo del trapecio),* que forman la vertiente externa del canal del carpo. En la parte interna el saliente del hueso ganchoso tiene semejanza a un gancho (de ahí el nombre del hueso) y se denomina *apófisis unciforme.* La vertiente interna del canal del carpo se completa por la existencia de un hueso, situado por encima de la apófisis unciforme del hueso ganchoso. Es el *hueso pisiforme,* que se articula con la cara anterior del piramidal y se completa la primera fila de huesos del carpo. En el fondo de este canal se encuentran el hueso grande y el semilunar, que forman el eje del carpo.

En resumen, el carpo está compuesto de ocho huesos, que se disponen en dos filas, de las cuales la superior está formada por el escafoides, el semilunar, el piramidal y el pisiforme. La segunda fila o inferior está integrada de afuera adentro por el trapecio, el trapezoide, el hueso grande y el ganchoso.

Los huesos vecinos de cada fila del carpo están íntimamente ligados entre sí por medio de ligamentos transversales, situados tanto en las caras óseas palmares como en las dorsales. Son los *ligamentos intercarpianos palmares y dorsales.* Pero los más resistentes son los *ligamentos intercarpianos interóseos* (fig. 385) que unen las caras que contactan.

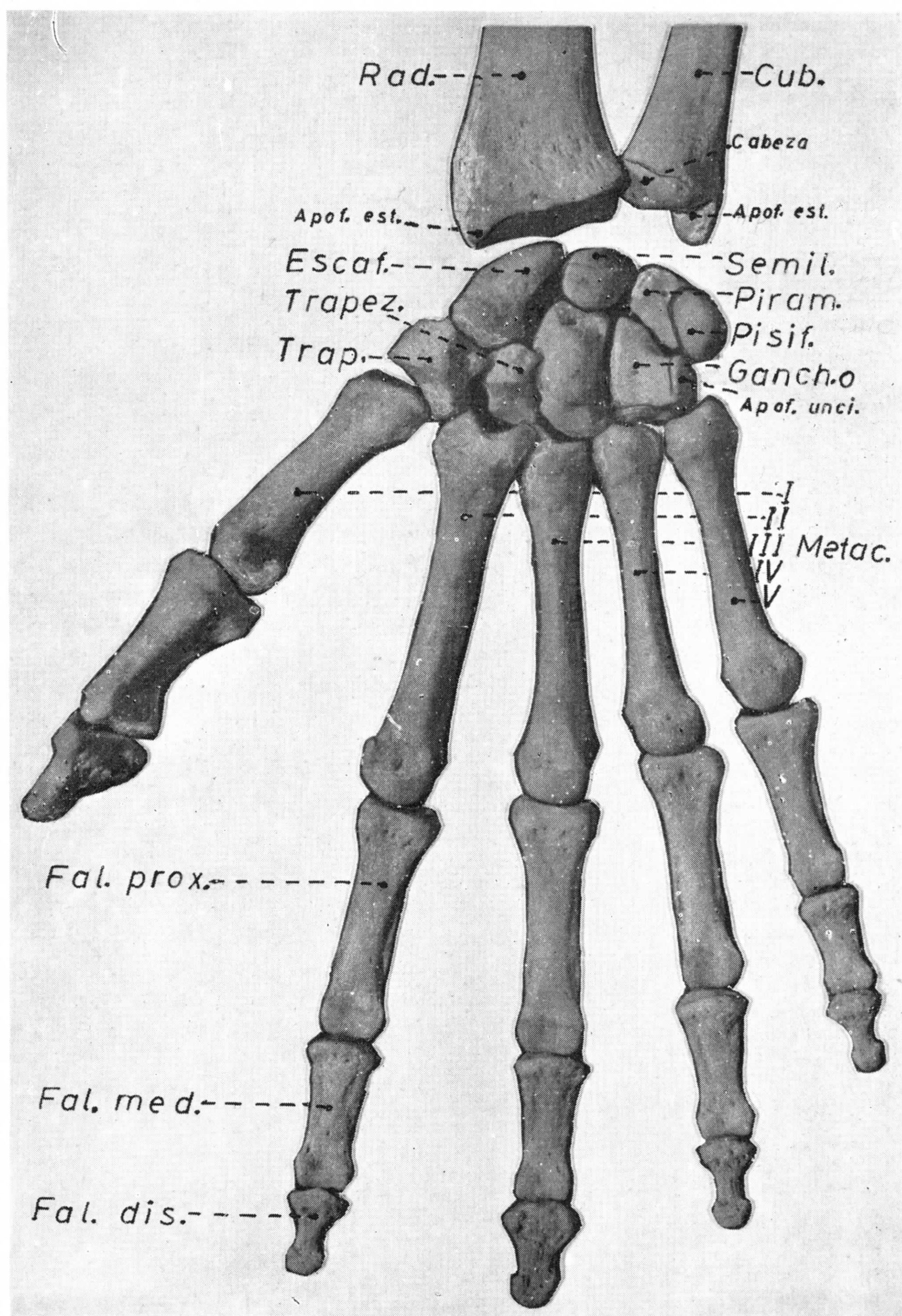


FIG. 384. — Esqueleto de las extremidades inferiores del radio y del cúbito, y de la mano, vistas por detrás.

Estas caras articulares son planas y, por lo tanto, son articulaciones artrodias las que en la primera fila unen el escafoides al semilunar y éste al piramidal, y en la segunda fila la trapezotrapezoidea, la del trapezoide con el grande, y la de éste con el ganchoso.

Clásicamente, la articulación del hueso pisiforme con el piramidal se describe como una condílea, pues la cara anterior del último, revestida de cartílago articular, insinúa la formación de una ligera cavidad (hipotética cavidad glenoidea) en la que se engastaría el cóndilo (?) que representa la porción dorsal del hueso pisiforme. Desde el punto de vista funcional, la *articulación pisipiramidal* actúa como una artrodia, pues el pisiforme tan sólo tiene pequeños movimientos de deslizamiento, cuando el carpo apoyado resbala sobre el plano de asiento.

Entre una y otra fila de huesos del carpo queda la mencionada articulación mediocarpiana, que forma una unidad anatomofuncional con la articulación radiocarpiana, pues las dos sirven a las mismas funciones. Ambas son articulaciones diartrosis (la radiocarpiana es condílea, la mediocarpiana es doble condílea) y, por lo tanto, poseen cartílagos que revisten las superficies articulares, sinoviales y cápsulas de envoltura. Éstas se insertan en el contorno de las superficies articulares y están reforzadas por ligamentos. El paso casi insensible de los ligamentos de una articulación a la otra es una prueba más de la íntima relación funcional que existe entre las interlíneas articulares radiocarpiana y mediocarpiana. Tanto en una como en otra existen ligamentos palmares, dorsales y laterales.

Esquemáticamente se puede afirmar que los *ligamentos anteriores* (fig. 386) de ambas articulaciones convergen hacia la cara palmar del hueso grande, en donde se fijan. A esta cara llegan fibras que proceden: del borde anterior de la extremidad inferior del radio y de su apófisis estiloides, que forman el *haz radiocarpiano;* del borde anterior del ligamento triangular y de la apófisis estiloides del cúbito o *haz cubitopalmar;* de casi todos los huesos vecinos (escafoides, piramidal, trapezoide y ganchoso) para constituir el *ligamento radiado anterior del carpo.*

Los ligamentos anteriores limitan la extensión de la mano y la fijan en esta posición que es precisamente la posición que adopta la mano en el apoyo. De todos ellos es el haz radiocarpiano el que mayor resistencia opone a la extensión, por ser el más fuerte y extenso, pues no solamente se inserta en el hueso grande, sino que también va al semilunar y al piramidal.

El dorso de las articulaciones está reforzado por ligamentos mucho menos resistentes que los anteriores. Estos *ligamentos posteriores* (fig. 387) son cintas que unen a modo de diagonales los puntos opuestos de ambas interlíneas articulares. La articulación radiocarpiana está reforzada por detrás por el *ligamento posterior,* que se extiende desde el borde posterior de la superficie articular del radio a la cara posterior del piramidal. Desde esta cara del piramidal, un nuevo haz ligamentoso, el *haz piramidotrapeciotrapezoideo,* cruza diagonalmente la articulación mediocarpiana para insertarse en el trapecio y en el trapezoide.

También los *ligamentos laterales* (fig. 386) de ambas articulaciones parece que se continúan en una y otra articulación, y son los que refuerzan los puntos que se adaptan al plano de apoyo. Así, el *ligamento lateral externo de la articulación radiocarpiana,* que se extiende desde la apófisis estiloides del radio hasta el tubérculo del escafoides, es continuado por el *ligamento lateral externo de la articulación mediocarpiana,* que desde aquel tubérculo llega al trapecio. Del mismo modo, los *ligamentos laterales internos* de ambas articulaciones forman una continuidad anatómica que toma sus inserciones en los salientes internos: desde la apófisis del cúbito hasta el pisiforme y el piramidal, desde estos dos últimos hasta la apófisis unciforme del hueso ganchoso e incluso desde el pisiforme hasta la extremidad superior del quinto metacarpiano.

Dirigido transversalmente desde la vertiente externa (tubérculos del escafoides y del trapecio) hasta la vertiente interna (pisiforme y apófisis unciforme del hueso ganchoso) del canal del carpo, se extiende el *ligamento anular anterior del carpo,* que a modo de puente salta sobre los ligamentos

anteriores estudiados y convierte en conducto, el *conducto del carpo*, a aquel canal (fig. 388).

La *sinovial* de la articulación radiocarpiana, que como toda sinovial tapiza las paredes de la cavidad articular, comunica en una gran parte de los casos con la articulación pisipiramidal.

La sinovial de la articulación mediocarpiana se introduce en los intersticios de las articulaciones artrodias, tanto de la primera como de la segunda fila del carpo. Es, pues, una sinovial común a todas las articulaciones propias del carpo, con excepción de la pisipiramidal.

Metacarpianos y sus articulaciones

Los cinco ejes esqueléticos de la mano, que confluyen hacia el carpo, intervienen fundamentalmente en los actos de aprehensión. Por ello, como ya se ha dicho, estos ejes han de estar fragmentados, y los fragmentos articulados entre sí. Los fragmentos superiores

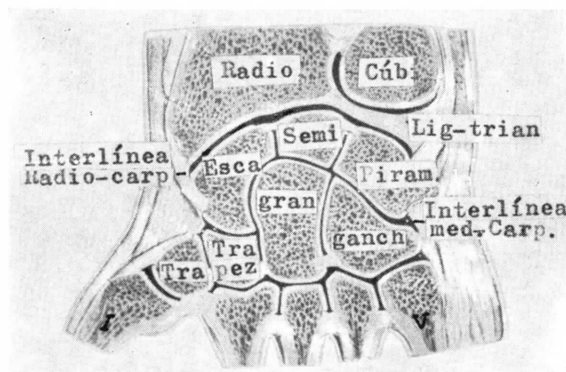


FIG. 385. — Esquema destinado a mostrar los ligamentos intercarpianos interóseos y ligamento triangular, así como las interlíneas articulares de la muñeca.

de cada eje reciben el nombre de METACARPIANOS (fig. 384), los cuales son cinco huesos largos que forman el esqueleto de la palma de la mano. Se les nombra con los cinco primeros números ordinales. El metacarpiano primero es el más externo, es decir, el que corresponde al dedo pulgar. Entre cada dos metacarpianos queda un espacio interóseo.

Como huesos largos, los metacarpianos poseen una extremidad superior, un cuerpo o diáfisis y una extremidad inferior.

El *cuerpo* es prismático triangular y posee tres *bordes* romos que permiten diferenciar tres *caras* (una posterior o dorsal y dos laterales o palmares).

Las *extremidades superiores* de los metacarpianos son las que se articulan con los huesos de la segunda fila del carpo por medio de carillas planas, como lo son también las que establecen contacto con los metacarpianos vecinos. Por ello, la extremidad superior, denominada *base del metacarpiano*, está tallada en forma de cubo.

Al hablar del carpo y sus articulaciones, ya se ha indicado con qué huesos del carpo se articula cada metacarpiano. Recuérdese que los tres últimos metacarpianos, que intervienen muy activamente en el acto de empuñar, se articulan con el que se ha llamado bloque interno de los huesos de la segunda fila del carpo: los metacarpianos quinto y cuarto se articulan con la cara inferior del hueso ganchoso; el metacarpiano tercero, por el que pasa el eje anatómico de la mano, se articula con la cara inferior del hueso grande, que a su vez es el eje del carpo.

El metacarpiano segundo, que es la rama fija de la pinza manual, ha de encajarse fuertemente en el carpo, por lo que su base se incrusta en una mortaja que forman el trapecio, el trapezoide y el hueso grande; la necesidad de sobresalir hacia arriba contribuye a que el segundo metacarpiano sea el más largo de todos.

El primer metacarpiano, que es el más corto y voluminoso, forma parte de la rama móvil de la pinza; precisa, pues, de una amplia autonomía y tan sólo se articula con la cara inferior del trapecio, no estableciendo ninguna otra conexión, mientras que la extremidad superior del resto de los metacarpianos, además de articularse en el carpo, presenta carillas articulares laterales que contactan con la base de los metacarpianos vecinos.

Así, pues, se constituye una INTERLÍNEA ARTICULAR CARPOMETACARPIANA, en la que hay que distinguir la articulación carpometacarpiana del pulgar y la del resto de los metacarpianos.

La *articulación carpometacarpiana de los cuatro últimos metacarpianos* es la suma de varias articulaciones artrodias, aunque la cápsula y la sinovial son comunes a todas

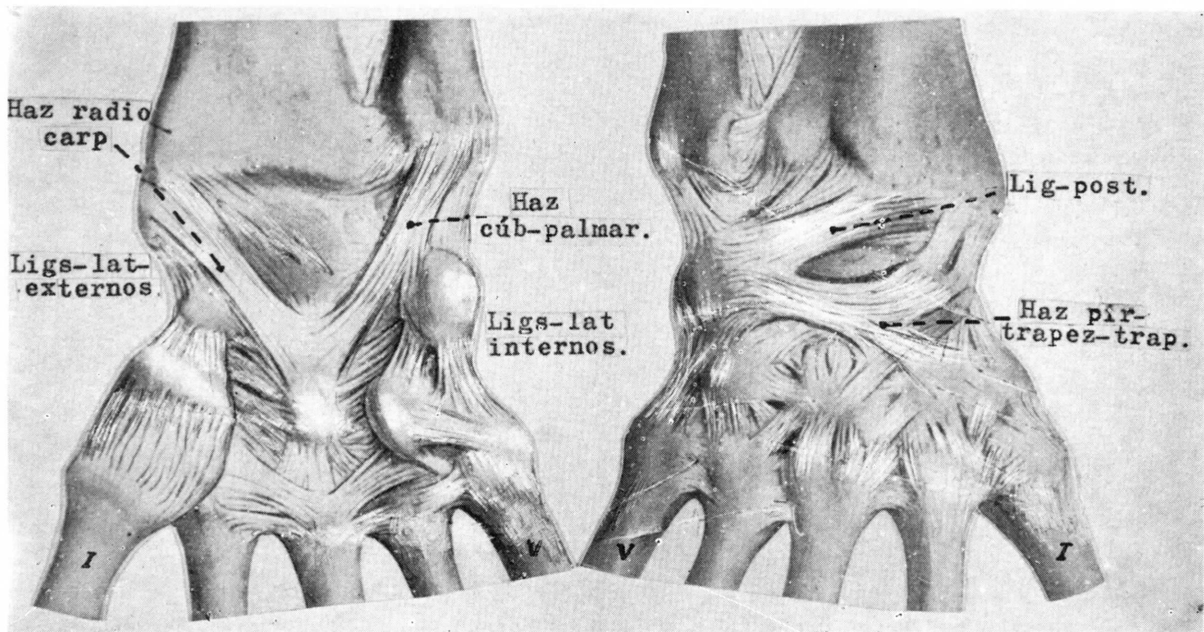


FIG. 386. — Esquema destinado a mostrar los ligamentos anteriores y laterales de las articulaciones de la muñeca, así como el ligamento transverso de la cabeza de los metacarpianos.

FIG. 387. — Ligamentos posteriores de las articulaciones de la muñeca.

ellas. Como artrodias, estas articulaciones sólo pueden realizar escasos movimientos de deslizamiento.

Aunque de movimientos escasos, la articulación carpometacarpiana es otra línea interarticular situada en la parte alta de la mano.

El hecho de que en la muñeca existan tres interlíneas articulares (la radiocarpiana, la mediocarpiana y la carpometacarpiana), escalonadas de arriba abajo y próximas entre sí, es lógico que favorezca los movimientos de flexión y extensión, los cuales alcanzan mucha más amplitud que si tan sólo existiera la interlínea radiocarpiana. Los pequeños movimientos de deslizamiento hacia adelante y hacia atrás, que la base de los metacarpianos puede realizar con respecto al carpo, son suficientes para ampliar la flexión y extensión de la mano, al menos de un modo pasivo.

Los desplazamientos laterales originan divergencia de los metacarpianos. Esta divergencia, que es muy manifiesta en la extremidad inferior de los huesos, determina la separación en abanico de los dedos.

Ligamentos carpometacarpianos palmares (figura 386) y *dorsales* refuerzan la cápsula y enlazan los huesos de la segunda fila del carpo con la base de los cuatro últimos metacarpianos. Además existen *ligamentos interóseos* (fig. 385) que atan las caras óseas de las interlíneas sagitales. Entre estos ligamentos interóseos destaca el que une las caras vecinas del hueso grande y del ganchoso a la interna de la base del tercer metacarpiano.

La *articulación del primer metacarpiano con el carpo,* concretamente con el trapecio, es independiente de las otras articulaciones carpometacarpianas y posee cápsula y sinovial propias.

A nivel de esta articulación se pueden realizar movimientos de oposición, de flexión, de extensión, de aproximación, de separación y de circunducción, que contribuyen a dar motilidad a la rama más importante de la pinza. Estos movimientos se realizan gracias a que la articulación es una diartrosis de encaje recíproco, en la que la carilla inferior del trapecio es una silla de montar cóncava en sentido transverso y convexa en sentido anteroposterior (figura 384), y se contrapone a la silla de montar excavada en la cara superior de la base del primer metacarpiano, cuyos planos de curvatura están orientados en sentido inverso.

La configuración de la *extremidad inferior de los metacarpianos* (fig. 384) se adapta a

los movimientos que se realizan a nivel de su unión con las falanges, es decir, a nivel de las *articulaciones metacarpofalángicas.* Puede observarse que estos movimientos son de flexión, de extensión, de lateralidad, de circunducción y escasos movimientos pasivos de rotación, lo cual presupone que han de ser articulaciones condíleas y, por lo tanto, presupone también la existencia de un cóndilo y de una cavidad glenoidea. Pues bien, el *cóndilo* es la extremidad inferior del metacarpiano, llamada también *cabeza del metacarpiano,* mientras que la *cavidad glenoidea* se sitúa en la extremidad superior de la falange.

El movimiento de flexión de los dedos sobre los metacarpianos es muchísimo más amplio que el de extensión. A ello se debe que la superficie articular de la cabeza de los metacarpianos ocupe su cara inferior y una extensa zona palmar (fig. 389), que son las barridas por el movimiento de flexión. Esta superficie articular es mucho más amplia que la cavidad glenoidea que se le contrapone y sobresale fundamentalmente por la cara palmar. Con el fin de corregir esta desproporción entre las superficies articulares metacarpofalángicas, la cavidad glenoidea se prolonga hacia arriba y adelante gracias a un fibrocartílago, el *fibrocartílago glenoideo,* inserto en las caras anterior y laterales de la extremidad superior de la falange.

La parte anterior de la cápsula articular es muy resistente, con lo cual puede limitarse el movimiento de extensión. Por el contrario, la parte posterior es muy laxa y arrugada, por cuyo motivo la flexión no tiene límite. A los lados, la cápsula está reforzada por potentes *ligamentos laterales* (fig. 389), que determinan la formación de *tubérculos laterales* de inserción. Estos tubérculos existen tanto en la extremidad inferior de los metacarpianos como en la superior de las falanges correspondientes (figura 384). Las cabezas de los cuatro últimos metacarpianos están unidas entre sí por fibras *transversas,* los *ligamentos transversos de las cabezas del metacarpo* (fig. 386), que limitan la separación excesiva de los metacarpianos.

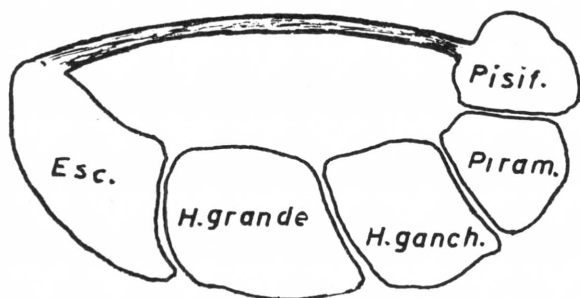


FIG. 388. — Sección transversa del carpo para mostrar el conducto carpiano y el ligamento anular del carpo.

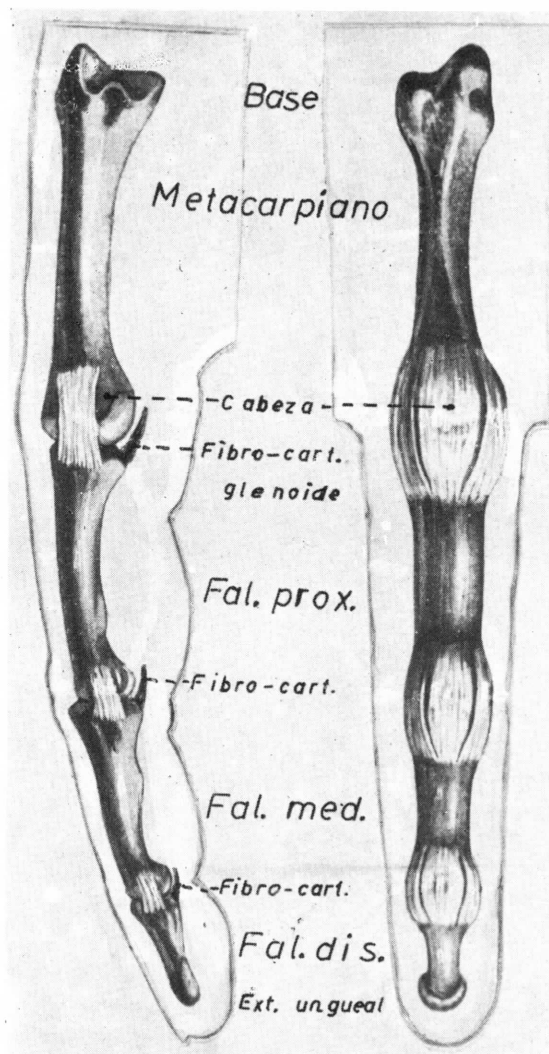


FIG. 389 FIG. 390

FIGS. 389 y 390. — Esqueleto de un eje óseo de la mano, visto lateralmente y por delante. Obsérvense los fibrocartílagos y los ligamentos laterales de las articulaciones metacarpofalángicas e interfalángicas.

En el fibrocartílago de la articulación metacarpofalángica del pulgar se incrustan dos huesos *sesamoideos,* uno externo y otro interno, que sirven de apoyo contra el objetivo que se empuña. Estos sesamoideos imprimen huella en la cabeza del primer metacarpiano, de modo que la articulación metacarpofalángica del pulgar, si bien es cierto que

se considera como una condílea, actúa prácticamente como una troclear, pues en ella tan sólo se realizan movimientos de flexión y extensión.

Falanges y sus articulaciones

Los segmentos inferiores de cada eje de la mano, situados por debajo de los metacarpianos, se denominan FALANGES (figs. 384, 389 y 390) y forman el esqueleto de los dedos. En cada uno de éstos existen tres falanges, con excepción del pulgar, que tan sólo posee dos. Las falanges, al igual que los metacarpianos, son huesos largos cuyo cuerpo tiene forma de semicilindro, con la cara convexa dirigida hacia atrás y la plana hacia adelante.

La *falange proximal* o primera es la que se articula con su correspondiente metacarpiano; su extremidad superior o base, como ya se ha dicho en el estudio de las articulaciones metacarpofalángicas, es una cavidad glenoidea. Su extremidad inferior o cabeza se articula con la extremidad superior de la segunda falange o *falange media.*

En esta *articulación interfalángica,* tan sólo pueden realizarse movimientos de flexión y extensión, es decir, los movimientos propios de una articulación troclear. En efecto, la extremidad inferior de la primera falange es una polea en la que encaja la extremidad superior de la segunda falange, que representa dos vertientes separadas por una arista obtusa. A su vez, la extremidad inferior de la segunda falange se articula con la superior de la tercera falange o distal por medio de una articulación troclear idénticamente dispuesta a la anterior. La extremidad inferior de la falange distal o *extremidad ungueal* (figs. 389 y 390) es un ensanchamiento aplanado que sirve de base al pulpejo del dedo. El dedo pulgar tiene solamente primera y tercera falanges, que son anchas para dar fuerza a la rama móvil de la pinza.

Las articulaciones interfalángicas son, como ya se ha dicho, trocleares. Las trócleas son las extremidades de las falanges, situadas por encima de la interlínea articular (es decir, las extremidades inferiores de las falanges primera y segunda); la superficie articular, que se contrapone a la tróclea, tiene forma de dos vertientes separadas por una arista y se halla en las extremidades de las falanges, situadas por debajo de la interlínea articular (extremidades superiores de la segunda y tercera falanges).

La adaptación de las superficies articulares en los movimientos de flexión, que son muy extensos, está asegurada merced a la existencia de un *fibrocartílago* (fig. 389), que prolonga la superficie articular inferior. *Ligamentos laterales* (fig. 389) refuerzan la cápsula sin impedir los movimientos de flexión y extensión.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

EXTREMIDAD SUPERIOR = LA ORGANIZACIÓN PARA LA CAPACITACIÓN FINALISTA. *La mano = la aprehensión.* ESQUELETO DE LA MUÑECA Y DE LA MANO. *El carpo. Articulación radiocarpiana.* Cóndilo carpiano. Escafoides. Semilunar. Piramidal. Cavidad glenoidea de la articulación de la muñeca. Ligamento triangular. Apófisis estiloides del radio. Apófisis estiloides del cúbito. Hueso grande = Hueso ganchoso. Trapecio. Trapezoide. Articulación mediocarpiana. Canal del carpo. Tubérculo del escafoides. Tubérculo del trapecio. Apófisis unciforme. Hueso pisiforme. Ligamentos de la articulación de la muñeca. *Metacarpo. Articulaciones carpometacarpianas.* Ligamentos interóseos del carpo y metacarpo. *Falanges.* Articulaciones metacarpofalángicas. Articulaciones interfalángicas.

CAPÍTULO 56

ESQUELETO DEL ANTEBRAZO Y DEL CODO. HUESOS Y ARTICULACIONES

La proyección de la mano más allá del tronco se debe al antebrazo y al brazo, los cuales en la misión de apoyo de la extremidad superior forman un eje rígido y continuo. Gracias a la articulación del hombro, la mano alcanza todos los puntos de la superficie de una esfera cuyo radio es la suma del antebrazo y brazo. En el acto de trepar y en muchos de la manipulación es preciso llevar la mano al interior de aquella esfera, es decir, aproximarla al tronco, lo que se consigue por la flexión del antebrazo sobre el brazo a nivel del codo. Es lógico que también a este nivel se haga el movimiento antagónico, o sea, el de extensión. Para algunos actos de manipulación también es necesario que la mano rote, bien con la palma dirigida hacia arriba y el pulgar hacia afuera (supinación), bien con la palma hacia abajo y el pulgar hacia adentro (pronación).

La rotación de la mano no puede realizarse en las articulaciones de la muñeca, pues de ellas tan sólo la radiocarpiana es la que posee escasos movimientos de rotación, pero pasivos. Precisamente para que la supinación y la pronación sean posibles, el esqueleto del antebrazo posee dos huesos articulados entre sí. De ellos el externo o RADIO es el que se desplaza en los movimientos de rotación, mientras que el interno o hueso CÚBITO permanece fijo. Las extremidades inferiores de estos huesos han sido estudiadas en parte con la articulación radiocarpiana.

La *extremidad inferior del radio* (fig. 384) es voluminosa y en su cara inferior presenta la *cavidad glenoidea,* que hacia afuera se prolonga por la *apófisis estiloides* del hueso, y hacia adentro por el *ligamento triangular* (fig. 385). Cuando la extremidad inferior del radio gira, arrastra consigo al cóndilo carpiano y, por lo tanto, a la mano. El centro de giro es la apófisis estiloides del cúbito, en donde se inserta el ligamento triangular.

A la voluminosa extremidad inferior del radio continúa hacia arriba un cuerpo o diáfisis (figs. 282 y 283) que disminuye de volumen a medida que se hace superior.

La pequeña extremidad inferior del cúbito es prolongada hacia arriba por un cuerpo (figuras 282 y 283) que se engruesa a medida que asciende.

Como ya se ha dicho, la pronación y la supinación precisan del radio y del cúbito y se realizan mediante el juego sinérgico de las articulaciones radiocubital inferior y radiocubital superior, las cuales han de ser diartrosis trocoides.

Las superficies articulares de la ARTICULACIÓN RADIOCUBITAL INFERIOR son: por una parte, la llamada *cabeza del cúbito* (o eminencia redondeada de la extremidad inferior de este hueso), cuyo contorno periférico es un segmento de cilindro (fig. 284); por otra parte, una superficie cóncava, denominada *cavidad sigmoidea,* que está situada en la cara interna de la extremidad inferior del radio.

La *articulación radiocubital superior* es también una trocoide, en la que el cilindro sólido está constituido por la *extremidad superior* o cabeza del radio (figs. 391 y 392), cuyo contorno se aloja en el interior de un cilindro hueco osteofibroso. Este último está formado por una superficie cóncava, la *cavidad sigmoidea menor del cúbito* (fig. 394), situada en la cara externa de su *extremidad superior*, y por el llamado *ligamento anular* (fig. 394), que se inserta en los bordes anterior y posterior de la cavidad sigmoidea menor y abraza la cabeza del radio. El diámetro inferior del cilindro es un poco menor que el superior (más que de un cilindro se trata de un tronco de cono), con lo cual se impide la salida de la cabeza del radio.

Las dos articulaciones radiocubitales constituyen una unidad funcional, puesto que sirven a un mismo fin: los movimientos de rotación de la mano (supinación y pronación). Ambas articulaciones actúan sinérgicamente, pues la cabeza del radio rota en el interior de su celda sin desplazarse, mientras que la extremidad inferior del radio se desplaza circularmente haciendo deslizar su cavidad sigmoidea sobre la superficie articular de la cabeza del cúbito. Obsérvese que el eje de giro pasa por la cabeza del radio y por la apófisis estiloides del cúbito. El radio,

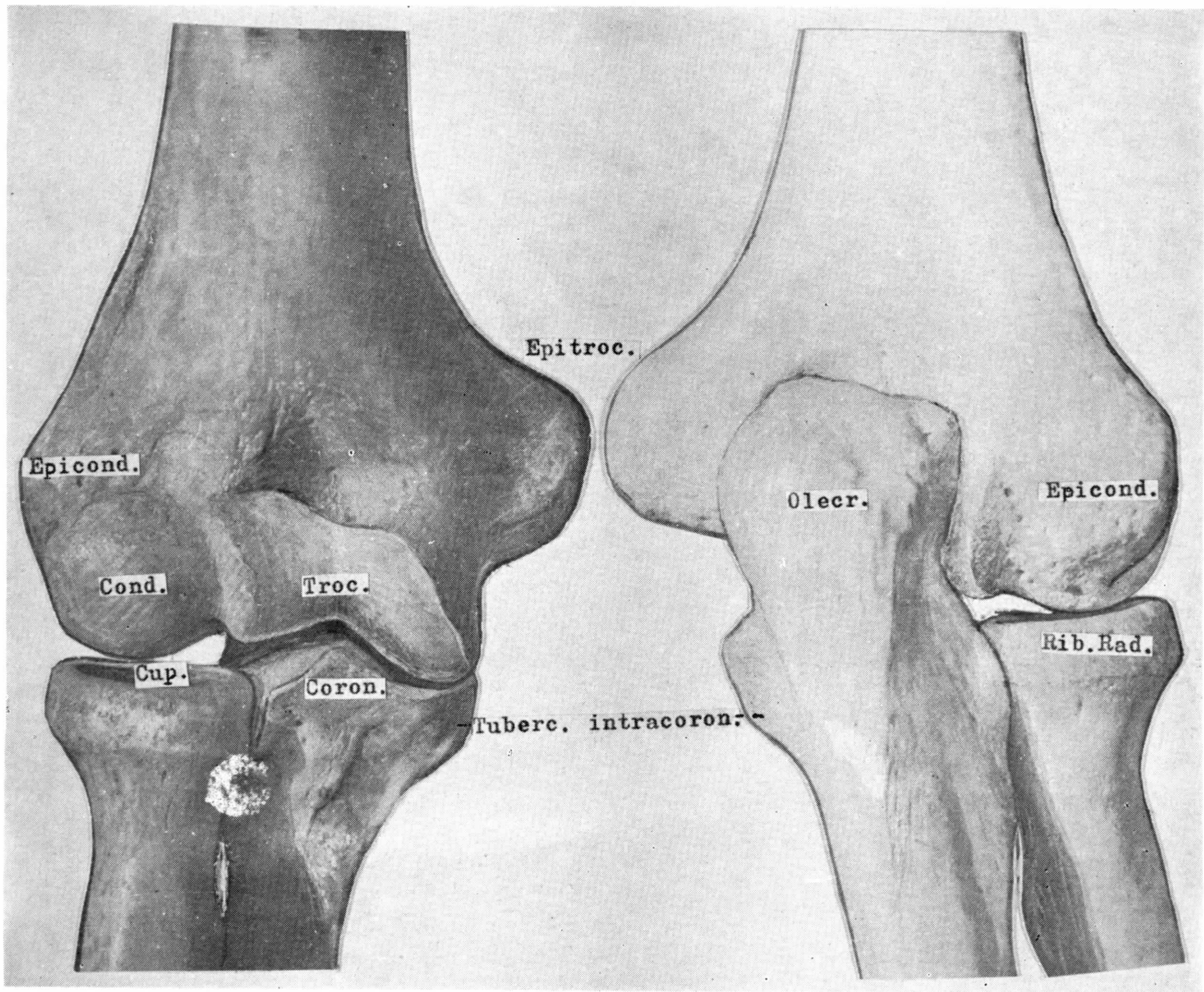


FIG. 391. — Extremidades inferior del húmero, superior del radio y superior del cúbito, vistas por delante.

FIG. 392. — Extremidades inferior del húmero, superior del radio y superior del cúbito, vistas por detrás.

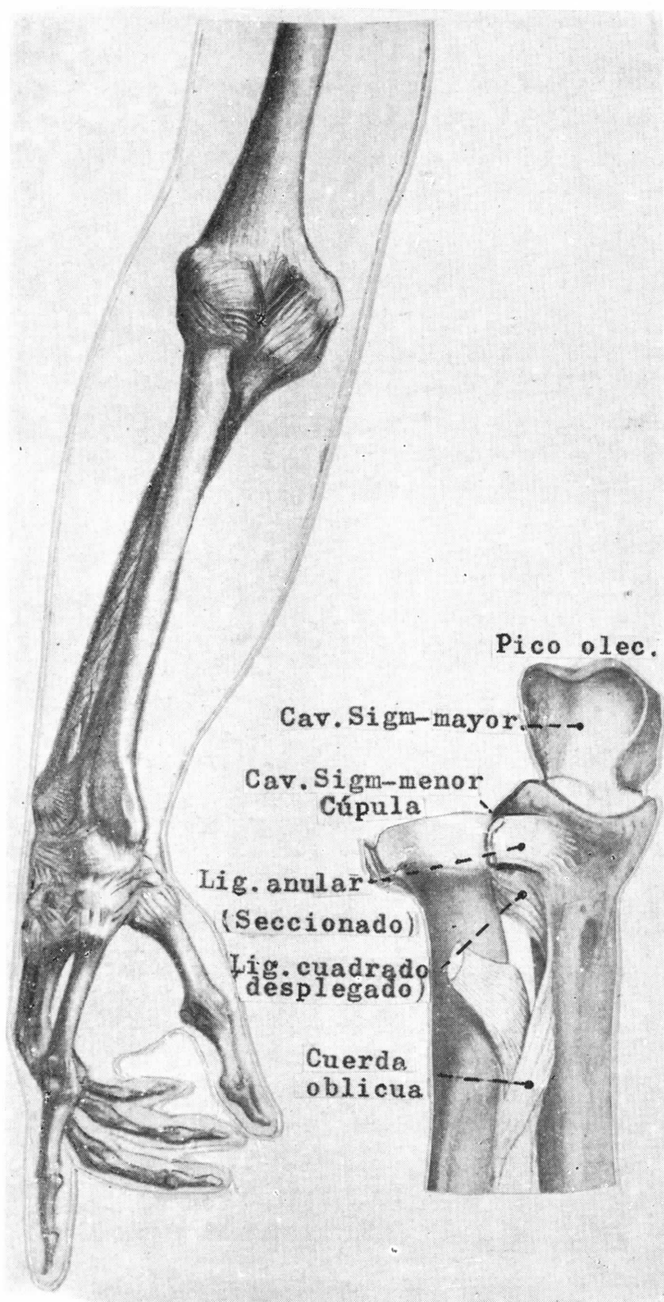


FIG. 393 FIG. 394

FIG. 393. — Posición de los huesos del antebrazo en la pronación no forzada.

FIG. 394. — Esquema destinado a mostrar el ligamento cuadrado de la articulación del codo, tras la sección del ligamento anular. Obsérvese la cuerda oblicua y las cavidades sigmoideas mayor y menor del cúbito.

como ya se ha dicho en varias ocasiones, es el hueso móvil, el cual en la supinación está por fuera del cúbito, mientras que en la pronación cruza en X a este hueso (fig. 393).

En la posición anatómica (individuo de pie y con las palmas hacia adelante), la mano está en supinación (fig. 382) y el eje del antebrazo forma un ángulo muy obtuso, abierto hacia afuera, con el eje del brazo. Al realizarse la pronación, el ángulo desaparece; ambos ejes forman línea recta (fig. 393) y el húmero (hueso del brazo) se continúa directamente con el radio. De este modo, el peso transmitido a lo largo del húmero, pasa al radio y, a través de la extremidad inferior de éste, al carpo. Por ello, la posición prona es la más adecuada para realizar la función de apoyo de la extremidad superior.

A pesar de que el radio se desplace con respecto al cúbito, estos dos huesos están unidos entre sí por elementos fibrosos. En sus extremos inferiores, la unión se establece por medio del mencionado ligamento triangular y por la cápsula de la articulación radiocubital inferior, que ha de ser laxa y delgada para permitir el desplazamiento, muy amplio, de la extremidad inferior del radio.

También los cuerpos de ambos huesos están unidos entre sí por una membrana fibrosa, denominada *membrana interósea* (figura 382). La inserción de esta membrana determina la formación de unos bordes cortantes en los cuerpos del cúbito y del radio, que reciben el nombre de *crestas interóseas* (borde interno del radio y borde externo del cúbito). La membrana no obtura la parte superior del espacio interóseo, lo cual facilita los movimientos del radio. En este espacio libre, la extremidad superior del radio presenta una eminencia que se denomina *tuberosidad bicipital* (fig. 393).

En la parte alta, la unión entre el cúbito y el radio se establece por la cuerda oblicua, por el ya estudiado ligamento anular y por el ligamento cuadrado (fig. 394).

La *cuerda oblicua* es una cintilla fibrosa que desde la apófisis coronoides del cúbito llega a la tuberosidad bicipital del radio.

El *ligamento cuadrado* está extendido transversalmente desde el borde inferior de

la cavidad sigmoidea menor del cúbito hasta el cuello del radio (el *cuello del radio* es la porción estrechada del hueso que continúa hacia abajo a la cabeza). El ligamento cuadrado se hace ostensible cuando, después de seccionar el ligamento anular, se separan las extremidades superiores del cúbito y del radio.

Los elementos fibrosos estudiados (ligamento triangular, cápsula de la articulación radiocubital inferior, membrana interósea, cuerda oblicua, ligamento anular y ligamento cuadrado) mantienen unidos al radio y al cúbito, pero no impiden los desplazamientos de aquél sobre éste.

Articulación del codo

La mano alcanza longitud gracias al antebrazo y al brazo. Ya se ha dicho que la articulación del hombro permite que la mano pueda llegar a todos los puntos de la superficie de una esfera de radio igual al de la longitud del miembro superior. Pero es preciso que exista una articulación entre el antebrazo y el brazo para que la mano alcance todos los puntos interiores de aquella esfera. A nivel de esta articulación los movimientos fundamentales y casi exclusivos son los de flexión y extensión, es decir, los propios de una articulación diartrosis troclear.

Esta articulación se establece entre la extremidad inferior del húmero y la extremidad superior del cúbito.

En la *extremidad inferior del húmero* existe una tróclea, la *tróclea humeral* (fig. 391). A esta tróclea debe contraponerse una superficie articular, constituida por dos vertientes separadas por una arista, superficie que está situada en la *extremidad superior del cúbito.*

Hipotéticamente la extremidad superior del cúbito podría estar rematada por una cara superior en forma de doble vertiente. Esta simple superficie articular serviría a las funciones de flexión y extensión, pero como estos movimientos son muy amplios (sobre todo el primero), la articulación quedaría muy expuesta a luxaciones. Es preciso que la tróclea humeral quede más abrazada.

Con el fin de abrazar mejor a la tróclea humeral, en la extremidad superior del cúbito se forman dos salientes: uno es la *apófisis coronoides* (fig. 391), que sobresale hacia adelante y en la posición anatómica abraza a la tróclea por debajo; el otro es el *olécranon* (fig. 392), que prolonga hacia arriba a la extremidad superior del cúbito y abraza por detrás a la tróclea humeral. La superficie articular que se contrapone a la tróclea humeral, ahora ya fuertemente abrazada, se extiende por la cara anterior del olécranon y por la cara superior de la apófisis coronoides. Esta superficie articular se denomina *cavidad sigmoidea mayor* (fig. 394) y está constituida por dos vertientes separadas por una cresta, la cual penetra en la garganta de la tróclea. La *articulación humerorradial* es, pues, una típica articulación troclear.

Por fuera de ésta se encuentra la *articulación radiocubital superior,* funcionalmente distinta. La extremidad superior del radio contacta también con la inferior del húmero. Existe, pues, una *articulación humerorradial* que funcionalmente ha de estar adaptada a la humerocubital y a la radiocubital superior, pues no debe impedir los movimientos de flexión y extensión de la primera ni los de pronación y supinación de la segunda. Ello se consigue gracias a que la extremidad inferior del húmero, inmediatamente por fuera de la tróclea, diferencia un cóndilo, el *cóndilo humeral* (fig. 391), que se articula con la cara superior de la cabeza del radio, excavada en forma de cúpula, que constituye una cavidad glenoidea, aunque se denomina *cúpula radial* (fig. 394).

En los movimientos de rotación de la articulación radiocubital superior la cúpula radial se desliza sin ningún obstáculo por la cara inferior del cóndilo humeral, mientras que en los de flexión y extensión, realizados a nivel de la articulación humerocubital, la cúpula se desplaza también sin ningún obstáculo por las caras inferior y anterior del cóndilo humeral. Obsérvese que la articulación humerorradial no tiene los movimientos propios de una articulación condílea, aunque anatómicamente lo sea. Es, como ya se ha dicho, una articulación de adaptación, y sus elementos anatómicos son además los más adecuados para transmitir el peso desde el húmero al radio.

Para dar mayor amplitud a los movimientos de flexión del antebrazo sobre el brazo,

en la cara anterior de la extremidad inferior del húmero existen dos fositas (fig. 391): una por encima de la tróclea o *fosa coronoidea,* y otra por encima del cóndilo o *fosa supracondílea,* en donde se introducen el vértice de la apófisis coronoides y la cabeza del radio, respectivamente. En la cara posterior de la extremidad inferior del húmero se encuentra la gran *fosa olecraniana* (fig. 392), que aloja al vértice de la extremidad superior del olécranon (pico del olécranon).

Otros detalles de la extremidad inferior del húmero son dos eminencias laterales, la una interna o *epitróclea* y la otra externa o *epicóndilo* (figs. 391 y 392), que están determinadas por la inserción de músculos y ligamentos.

Obsérvese que en la unión del antebrazo con el brazo existen tres distintas articulaciones: la humerocubital (troclear), la radiocubital superior (trocoide) y la humerorradial (condílea). Estas tres articulaciones actúan sinérgicamente y la cápsula y la sinovial son comunes, por lo que tan sólo existe una cavidad articular y se puede hablar de una sola ARTICULACIÓN DEL CODO.

La *cápsula* de la articulación del codo ha de encerrar las superficies articulares y dejar fuera aquellas formaciones que no son propiamente articulares. Por ello, dentro de la cavidad articular quedan el vértice de la apófisis coronoides y el pico del olécranon, así como las fosas coronoidea, supracondílea y olecraniana, mientras que el epicóndilo y la epitróclea están fuera de la cavidad para que puedan insertarse los músculos y ligamentos correspondientes. La cápsula tiene, pues, dos líneas de inserción: una superior o humeral y otra inferior radiocubital (se inserta en el cuello del radio).

La cápsula es laxa, tanto en la cara anterior como en la posterior, con el fin de no impedir los movimientos de flexión y extensión. Por el contrario, está muy reforzada a los lados por medio de potentes *ligamentos laterales.*

Tanto el ligamento lateral interno como el externo están divididos en tres fascículos.

Los tres fascículos del *ligamento lateral interno* (fig. 395) se insertan por arriba en la epitróclea y desde ahí al fascículo anterior llega a la parte anterior e interna de la apófisis coronoides; el fascículo medio se inserta en la cara interna de la misma apófisis, en donde en algunos casos determina la formación de un saliente denominado tubérculo co-

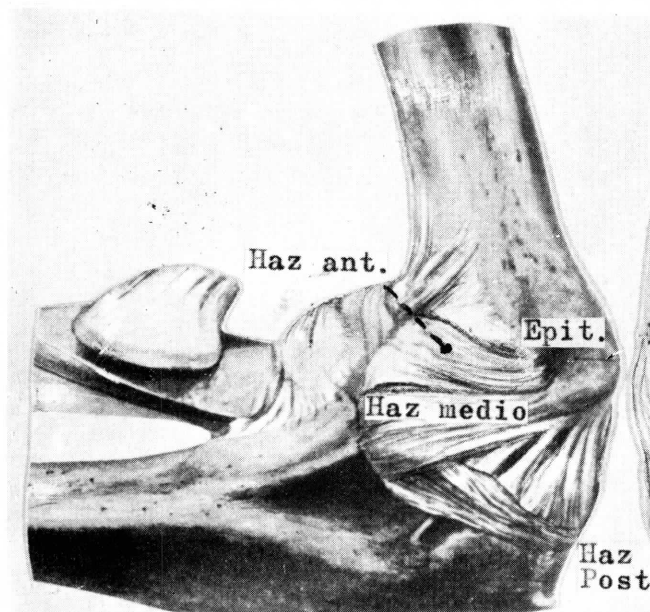


FIG. 395. — Ligamento lateral interno de la articulación del codo.

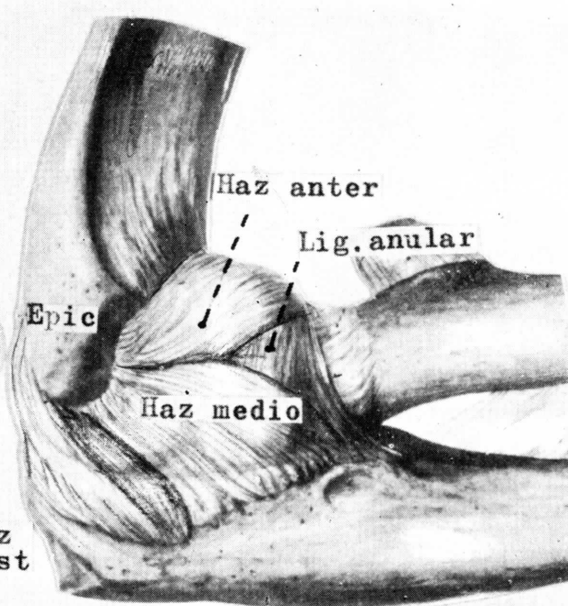


FIG. 396. — Ligamento lateral externo de la articulación del codo.

ronoideo; el fascículo posterior se inserta en la cara interna del olécranon.

El *ligamento lateral externo* (fig. 396) se inserta en el epicóndilo y también se divide en tres haces que por abajo no pueden fijarse en el radio, pues impedirían sus movimientos de rotación, por lo que se insertan en la extremidad superior del cúbito del siguiente modo: los haces anterior y medio en el borde anterior y en el posterior, respectivamente, de la cavidad sigmoidea, con lo cual refuerzan el ligamento anular; el haz posterior en el borde externo del olécranon.

Algunos haces fibrosos, que refuerzan las caras anterior y posterior de la cápsula articular, se describen como *ligamentos anterior y posterior* de la articulación del codo. Estas caras están protegidas por tendones de potentes músculos.

La *sinovial* tapiza la cavidad articular y en los sitios donde se refleja forma fondos de saco.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ESQUELETO DEL ANTEBRAZO Y DEL CODO. *Radio. Cúbito.* Lámina interósea. *Articulación radiocubital inferior. Articulación radiocubital superior* = Trocoide radiocubital. *Articulación humerocubital radial o del codo.* Tróclea humeral. Cóndilo humeral. Cavidad sigmoidea mayor del cúbito. Cavidad sigmoidea menor del cúbito. Cúpula radial = Glenoides radial. Ribete glenoideo radial. Cápsula y ligamentos de la articulación del codo. Epitróclea. Epicóndilo. Olécranon. Apófisis coronoides. Fosa olecraneana. Fosa coronoidea.

CAPÍTULO 57

ESQUELETO DEL BRAZO Y DEL HOMBRO: HUESOS. ARTICULACIÓN ESCAPULOHUMERAL. ARTICULACIONES DE LA CLAVÍCULA

La mano, proyectada ya del tronco gracias al antebrazo, aún alcanza más longitud merced al brazo, cuyo esqueleto es el hueso húmero.

La *extremidad inferior* del HÚMERO, aplanada, ha sido estudiada con la articulación del codo.

Hacia arriba, la extremidad inferior del hueso se continúa con la diáfisis o *cuerpo* (figs. 382 y 383), que es trifacetado en su parte inferior, mientras que en su parte superior tiende a ser cilíndrico.

La *extremidad superior* (fig. 397) del húmero se une al hombro por medio de una articulación que permite colocar la mano en todos los puntos de la superficie de una esfera cuyo radio es la longitud del miembro superior (antebrazo más brazo). Es, pues, una articulación de máxima movilidad, en la que se pueden realizar movimientos de flexión, de extensión, de separación, de aproximación, de rotación y, por último, los de circunducción, como síntesis de todos los anteriores. Por lo tanto, ha de ser una articulación diartrosis, en la que ha de existir un segmento de esfera que haga juego con el interior de una cavidad esférica.

El segmento de esfera de la articulación se encuentra en la extremidad superior del húmero y recibe el nombre de *cabeza del húmero*. Su extensión aproximada es de un tercio de esfera (menor que la femoral) y mira hacia adentro y un poco hacia abajo.

Pero la cabeza del húmero no constituye toda la extremidad superior de este hueso, pues aún existe un *cuello anatómico* (mucho menos extenso que el femoral) que une la cabeza a dos tuberosidades, parecidas a las trocantéreas del fémur.

La cabeza del húmero se aloja en una *cavidad glenoidea* situada en un hueso del hombro, el cual tiene forma de placa triangular. Este hueso es la ESCÁPULA (u omoplato) (figs. 398 y 399), cuya *cara anterior* se aplica y desliza por la posterior del tórax, por lo cual es cóncava y recibe la denominación de *fosa subescapular*. La escápula posee, pues, tres *bordes* (superior, externo e interno) y tres *ángulos* (superior, inferior y externo).

Es en el *ángulo externo* de la escápula donde se encuentra la *cavidad glenoidea* (figura 400), más ancha por abajo que por arriba y mucho menos amplia y extensa que la cabeza humeral con la que se articula.

Con el fin de ampliar la extensión y profundidad de la cavidad glenoidea, en su borde periférico se inserta un fibrocartílago anular, llamado *rodete glenoideo*.

A pesar de esta ampliación, la cavidad aún resulta menos extensa que la superficie articular del húmero. Por tal motivo, esta articulación o ARTICULACIÓN ESCAPULOHUME-

RAL (fig. 401) necesita fuertes ataduras que apliquen la cabeza del húmero a la cavidad glenoidea de la escápula. Los ligamentos de la cápsula articular y, sobre todo, los tendones musculares periarticulares, verdaderos ligamentos activos, representan estas ataduras.

La necesidad de fuertes salientes óseos para dar inserción a los tendones musculares periarticulares determina la formación de la *apófisis coracoides*, la cual se sitúa por encima de la cavidad glenoidea y por su base se une al *borde superior* de la escápula, inmediatamente por fuera de una escotadura denominada *escotadura coracoidea.*

La atadura más fuerte de la articulación escapulohumeral es precisamente un tendón (el tendón largo del músculo bíceps), que une elásticamente los dos huesos, de modo que establece una continuidad anatómica entre ambos. El tendón se incrusta en el húmero y excava un largo canal en su extremidad superior, llamado *corredera bicipital.* Más hacia arriba el tendón penetra en la cavidad articular y se fija en la parte alta del rodete glenoideo (fig. 400), que queda así convertido en continuación del tendón. En el húmero, el tendón queda aún más fijo, pues la incrustación en la corredera bicipital se asegura con fibras que saltan de un labio a otro de la corredera.

La corredera bicipital sirve de separación a las dos tuberosidades que presenta la extremidad superior del húmero. La que queda por fuera de la corredera recibe el nombre de *troquíter,* mientras que la de dentro (situada en la parte interna y anterior de la extremidad del húmero) es el *troquín.*

Los accidentes óseos de la *extremidad superior del húmero* son: la *cabeza humeral,* el *cuello anatómico,* la *corredera bicipital,* el *troquiter* y el *troquín.* La parte del hueso, sin límite preciso, que une la extremidad superior al cuerpo, se denomina *cuello quirúrgico.*

Los movimientos de la articulación escapulohumeral se amplían por deslizamientos de la escápula sobre la caja torácica.

El deslizamiento de la escápula hacia afuera hace que la cavidad glenoidea mire un tanto hacia adelante, y el muñón del hombro es proyectado también hacia adelante, con lo cual la mano aún puede alejarse más del cuerpo. Si la escápula se desliza hacia adentro, hacia la columna vertebral, el muñón del hombro es llevado hacia atrás. Aún la escápula puede realizar movimientos de báscula, de modo que su ángulo inferior se dirija hacia adentro, con lo cual el ángulo externo, o sea, la cavidad glenoidea, se dirige hacia arriba.

En los movimientos sobre la caja torácica, la escápula se apoya en el esternón por medio de la clavícula, al igual que en el salto de pértiga: el atleta (= escápula) se apoya por medio de la pértiga (= clavícula) en el suelo (= esternón).

La CLAVÍCULA (figs. 382, 383 y 401) es un hueso largo incurvado en S, pues ha de adaptarse por su mitad interna (cóncava hacia atrás) a la convexidad de la caja torácica. La clavícula se articula por su extremidad interna con el esternón, y por su extremidad externa con la escápula, la cual, con tal fin, diferencia en su cara posterior una gran eminencia, la espina de la escápula, que se dirige hacia arriba y afuera para acabar en el *acromion.* Éste es el que se une a la extremidad externa (extremidad acromial) de la clavícula.

La más importante de las articulaciones del hombro es la ARTICULACIÓN ESCAPULOHUMERAL, cuyas superficies articulares

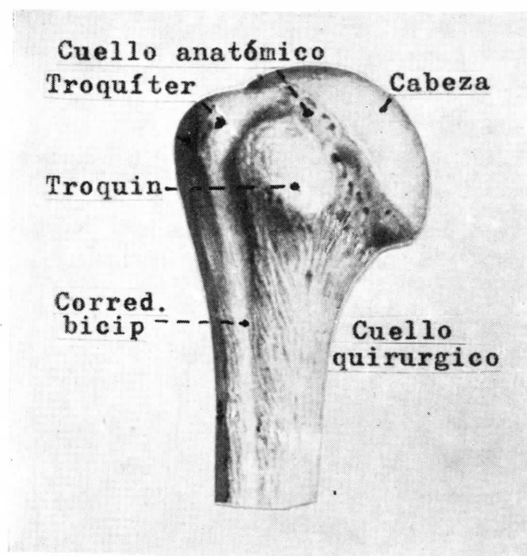


FIG. 397. — Extremidad superior del húmero, vista por delante.

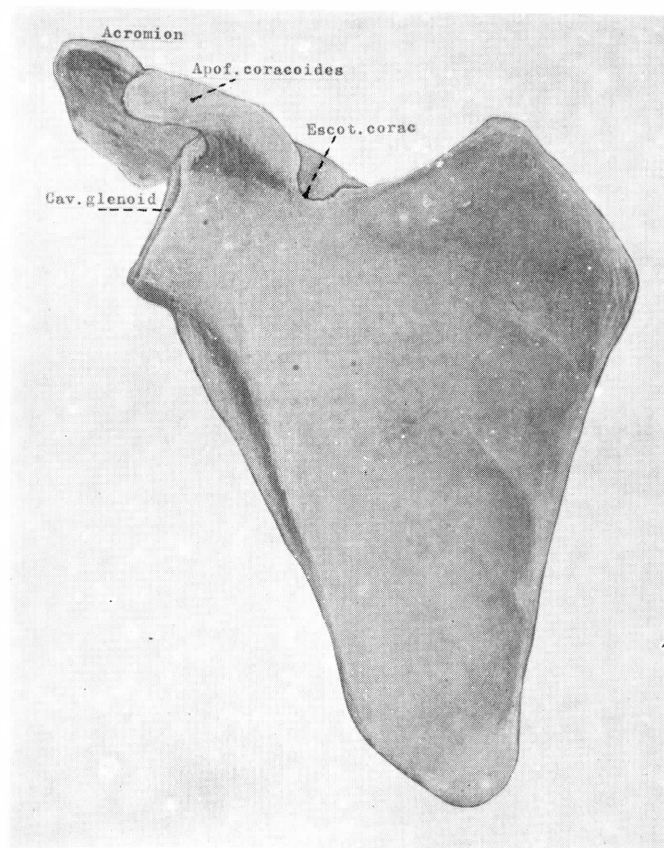


FIG. 398. — Escápula, vista por delante.

(cabeza del húmero y cavidad glenoidea de la escápula), ya han sido estudiadas.

Es una articulación de máxima movilidad, es decir, una diartrosis enartrosis.

La *cápsula* de esta articulación se extiende desde el rodete glenoideo, donde forma una circunferencia de inserción, hasta su atadura en el húmero, en donde se inserta por arriba en el cuello anatómico y por debajo en el cuello quirúrgico. Esta cápsula engloba la parte alta del tendón largo del bíceps, que se hace intraarticular. La cavidad articular encerrada por la cápsula está tapizada por la sinovial.

La cara anterior de la cápsula está reforzada por ligamentos que desde el rodete glenoideo llegan hasta el húmero. Son los *ligamentos glenohumerales,* los cuales limitan la extensión del brazo al ponerse tensos.

El resto de la cápsula es laxa, sobre todo en su parte inferior, en donde además está fláccida. Éste es el punto por donde la cabeza del húmero puede luxarse con más frecuencia. Como ligamento de esta articulación se puede considerar uno que contribuye a sujetar el húmero a la escápula: es el *ligamento coracohumeral* (extendido desde la apófisis coracoides hasta la parte alta del troquín y troquiter).

Los movimientos de la articulación escapulohumeral están limitados, bien por la tensión de sus ligamentos, bien por ciertos topes anatómicos. Por ejemplo, la separación del brazo con la escápula fija no puede pasar más allá de la horizontal, porque la cara externa del troquiter choca contra un techo, que forma la apófisis coracoides, el acromion y un ligamento extendido entre ambos llamado *ligamento coracoacromial* (fig. 400). Sin embargo, el brazo puede ser elevado hasta la vertical, merced a los desplazamientos de la escápula sobre la caja torácica.

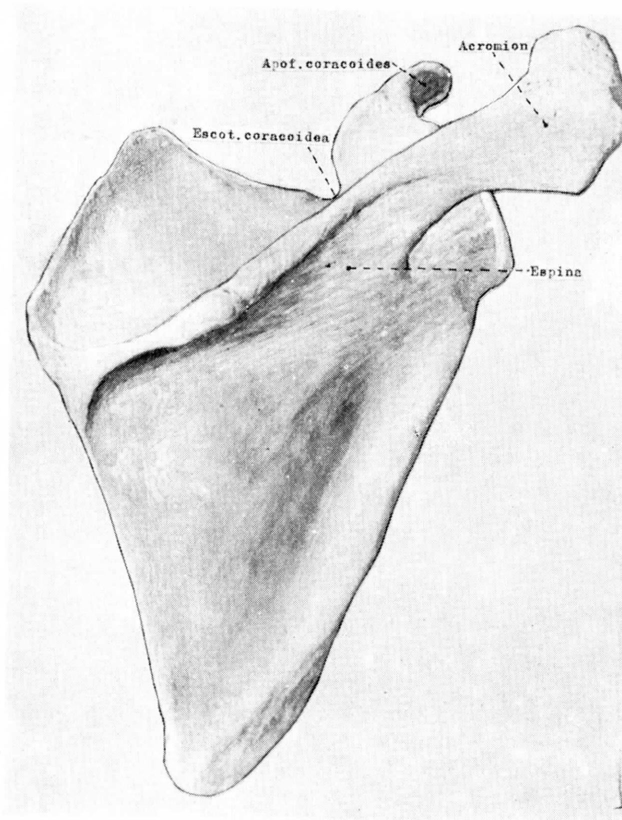


FIG. 399. — Escápula, vista por detrás.

Para elevar el miembro superior hasta la vertical, la escápula ha de bascular de tal modo que el ángulo inferior se dirige hacia afuera y la cavidad glenoidea hacia arriba. En realidad, es como llevar el muñón del hombro hacia arriba.

Estos deslizamientos de la escápula, que se traducen en que el muñón del hombro puede ser proyectado hacia adelante y hacia atrás, hacia arriba y hacia abajo, dan más amplitud a los movimientos de la articulación escapulohumeral.

Los movimientos del muñón del hombro se realizan en la ARTICULACIÓN ESTERNOCLAVICULAR (fig. 401), que es una diartrosis de encaje recíproco.

La superficie articular de la extremidad interna (= *extremidad esternal*) de la clavícula es un ángulo diedro saliente, prolongado hacia adelante y hacia atrás en forma de silla de montar, que encaja en el ángulo diedro entrante, constituido por una faceta del esternón y por la cara superior del cartílago costal. La articulación es, por lo tanto, esternocostoclavicular.

La perfecta adaptación de las superficies articulares está garantizada por medio de un *disco fibrocartilaginoso* intraarticular (tipo menisco), cuyo borde periférico se inserta en la cápsula y, por lo tanto, divide en dos compartimientos a la cavidad articular y la sinovial. Esta articulación tiene una *cápsula articular*, reforzada por cuatro *ligamentos (anterior, posterior, inferior* y *superior)*. El ligamento superior de la articulación se continúa por encima del esternón con el del lado opuesto y así forma a modo de un ligamento único que une ambas clavículas. Por ello en la nómina actual recibe el nombre de *ligamento interclavicular*.

La articulación esternoclavicular representa en el símil del salto de la pértiga el punto de apoyo de ésta en el suelo.

En este mismo símil, la *ARTICULACIÓN*

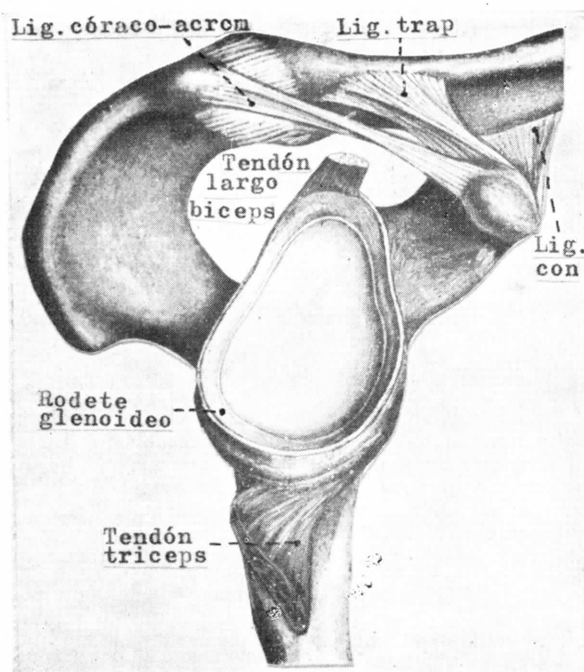


FIG. 400. — Cavidad glenoidea con rodete, vistos de frente. Articulación acromioclavicular y ligamentos coracoclaviculares.

ACROMIOCLAVICULAR corresponde al punto donde las manos del atleta se aferran a la pértiga. La articulación acromioclavicular realiza movimientos muy limitados de deslizamiento y es una diartrosis artrodia, con su sinovial, su cápsula y un ligamento muy fuerte, extendido entre la parte superior del acromion y de la clavícula. Esta articulación, en una gran parte de los casos, presenta un verdadero disco intraarticular ligamentoso, inserto en una y otra carillas articulares, con lo cual la articulación queda aún más fija y se asegura mejor el desplazamiento de la escápula.

El peso del miembro superior, cuando no apoya, tiende a descender el hombro. Las formaciones óseas conservan su posición merced a las musculaturas, aunque también hay ligamentos que unen más los huesos que forman el esqueleto del hombro. Estos ligamentos están extendidos entre la apófisis coracoides y la clavícula. Reciben el nombre genérico de *ligamentos coracoclaviculares*. De éstos hay dos que unen la apófisis co-

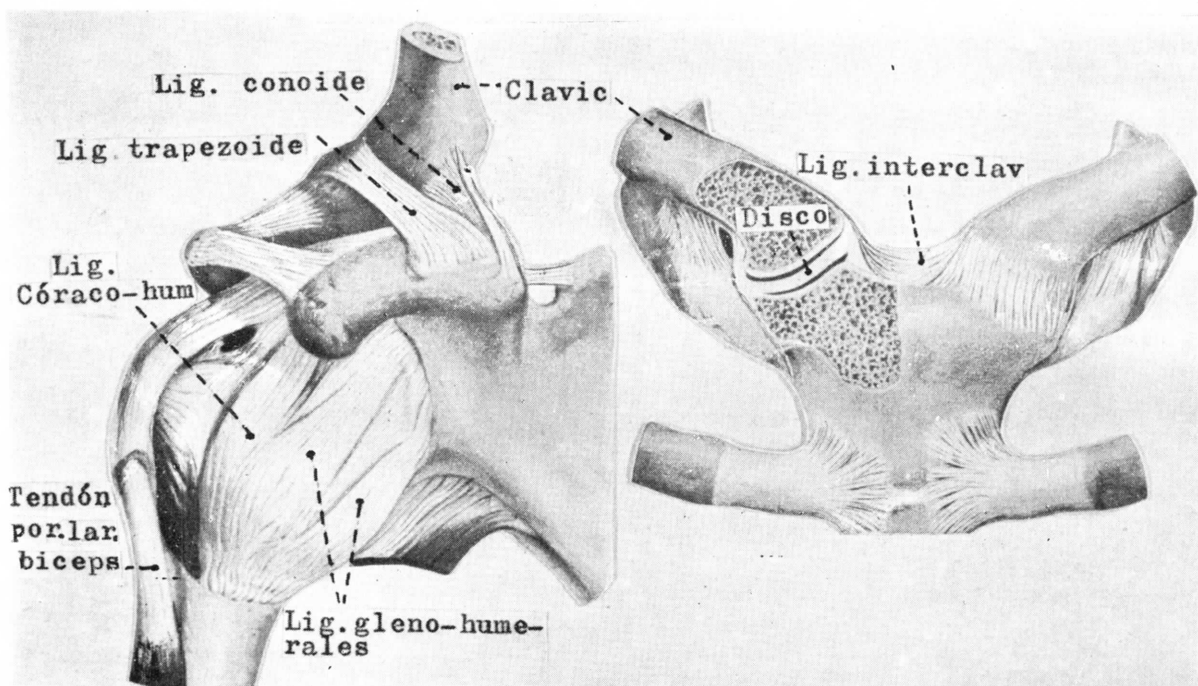


FIG. 401. — Esquema destinado a mostrar las articulaciones escapulohumeral, acromioclavicular y esternoclavicular.

racoides con la cara inferior de la extremidad externa de la clavícula (ligamentos trapezoide y conoide); otro se extiende hacia adentro y acaba bifurcándose en dos astas, por lo que se llama ligamento bicorne, una de las cuales se inserta en la parte interna de la clavícula y la otra en el primer cartílago costal. (El ligamento bicorne es en realidad el espesamiento de una aponeurosis.)

En resumen, el esqueleto del hombro está integrado por la extremidad superior del húmero, por la escápula y por la clavícula. Los dos últimos huesos constituyen la llamada cintura escapular. Como articulaciones del hombro se ha descrito la escapulohumeral (diartrosis enartrosis), la acromioclavicular (diartrosis artrodia, pero muy fija) y la esternoclavicular (diartrosis en encaje recíproco). Esta última, por su situación anatómica, no puede considerarse que pertenezca regionalmente al hombro, pero desde el punto de vista funcional está íntimamente relacionada con la articulación escapulohumeral, cuyos movimientos amplía.

El substrato osteoarticular del hombro se dispone para poder servir a las funciones encomendadas al miembro superior (apoyo, trepa y manipulación).

En el apoyo, el hombro integra el eje recto y rígido de la extremidad, lo que presume la fijación e inmovilización de la articulación escapulohumeral. La dirección hacia abajo y fundamentalmente hacia afuera de los ligamentos glenohumerales, además de limitar la extensión del brazo, determina la fijación de la articulación escapulohumeral cuando el húmero rota hacia afuera, pues estos ligamentos se ponen tensos. La rotación externa del húmero es una de las posiciones más aptas para el apoyo del miembro, y en ella las líneas de fuerza de la cápsula, que confluyen hacia la cavidad glenoidea, se continúan con las de la cabeza del húmero.

Cuando el húmero rota hacia adentro, los ligamentos glenohumerales quedan flojos, y la articulación escapulohumeral está en condiciones óptimas para la movilidad y, por lo tanto, para contribuir a las otras funciones de la extremidad superior (la trepa y la manipulación).

Las líneas de fuerza de la escápula, además de confluir hacia la cavidad glenoidea, se transmiten a lo largo de la espina y del acromion, a través del cual se continúan con las de la clavícula. De este modo, el peso del hombro puede hacerse sentir en el esternón y en el primer cartílago costal, y deprimir la parte alta del tórax, con lo cual el hombro, en algunas ocasiones, juega un papel en la espiración forzada.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ESQUELETO DEL BRAZO Y DEL HOMBRO. *Húmero.* Diáfisis del húmero. Epífisis superior del húmero. Cabeza del húmero. Cuello anatómico y quirúrgico del húmero. Troquiter y troquín. Canal bicipital. Canal radial o de torsión del húmero. *Escápula.* Fosa subescapular. Espina de la escápula. Fosa supraespinosa e infraespinosa. Acromion. Borde axilar y borde espinal de la escápula. Ángulo superior y ángulo inferior de la escápula. Glenoides de la escápula. Apófisis coracoides y escotadura coracoidea. *Articulación escapulohumeral.* Ribete y rodete glenoideo escapulohumeral. Cápsula escapulohumeral. Ligamentos coracohumerales y glenohumerales. Ligamento acromiocoracoideo. *Clavícula. Articulación acromioclavicular.* Ligamentos coracoclaviculares (trapezoide y conoides). *Articulación externocostoclavicular.* Fibrocartílago, cápsula y ligamentos de la articulación costoclavicular.

CAPÍTULO 58

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR. SISTEMA NEUROMUSCULAR CUBITAL. «EMPUÑAMIENTO»

Los sistemas neuromusculares de la extremidad superior dan dinamismo al substrato osteoarticular, cuyo estudio se ha realizado en los capítulos anteriores.

La acción de las musculaturas situadas en las regiones dorsales lleva a la extremidad superior a la extensión y fijación de sus articulaciones, con lo que la convierten en un eje rígido, apto para la función de apoyo de la mano sobre un plano (fig. 402), función quizás la más primitiva de este miembro. Por ello, el estudio de los sistemas neuromusculares debiera comenzarse por los dorsales o extensores. Pero estos sistemas, además de servir al apoyo, son los antagónicos de los sistemas neuromusculares ventrales, es decir, que deshacen las acciones de estos últimos, por lo que su estudio es más cómodo y sencillo después de conocer las funciones de los sistemas ventrales.

Los sistemas neuromusculares ventrales intervienen de modo activo en los actos de la manipulación: aprehensión de eje longitudinal o *empuñamiento* (fig. 403), formación de la pinza manual o *pinzamiento* (figura 404), aprehensión de eje transverso o *agarre* (fig. 405) y formación del puño o *apuñamiento* (fig. 406). Estos sistemas intervienen también en el acto de *abrazamiento*, que se caracteriza por la flexión de los distintos componentes del miembro superior.

SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL CUBITAL = EMPUÑAMIENTO

Los actos de la manipulación resultan de la actuación sinérgica de dos sistemas neuromusculares (el del cubital y el del mediano) y de la acción antagónica de otro (el del radial).

A un sistema neuromuscular no se le puede asignar la realización de un determinado acto, pues el conjunto de acciones de sus músculos dan más matices funcionales que las propias y exclusivas de un cierto acto. Y viceversa, no todas las acciones que se combinan y precisan en un acto son realizadas por un solo sistema neuromuscular. A pesar de todo ello, resulta práctico y real decir que cada sistema neuromuscular se especializa más en un acto que en otros.

Tras todas estas observaciones y con las reservas correspondientes, se puede afirmar que el SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL CUBITAL interviene de modo fundamental en el acto de empuñar (fig. 403).

El *acto de empuñar* es un modo especial de asir el objeto. En este acto se forma un canal cuyo fondo recorre longitudinalmente la palma de la mano, aunque un tanto oblicuo hacia abajo y afuera. La oblicuidad del fondo del canal es corregida por una ligera flexión de la mano e inclinación de la misma hacia el lado cubital, con lo cual el fondo y, por lo tanto, el objeto asido siguen la dirección del eje del antebrazo.

En la formación del canal interviene, por una parte, la flexión de la falange proximal de los cuatro últimos dedos. La gran flexión de la correspondiente falange proximal sobre los metacarpianos cuarto y quinto y la acentuación del relieve de la masa carnosa interna (=eminencia hipotenar) de la palma de la mano forman el labio interno del canal. El labio externo del canal, constituido por la masa carnosa externa (=eminencia tenar) de la palma, se limita a servir de apoyo.

El objeto se sitúa en el fondo de este canal y es sujetado por la presión de los pulpejos de los cuatro últimos dedos, presión que puede realizarse gracias a la flexión de todas sus falanges.

En síntesis, y muy esquemáticamente, las acciones que se combinan en el acto de empuñar son las siguientes: 1.ª La flexión de las falanges proximales de los cuatro últimos dedos. 2.ª Actuación de la eminencia hipotenar. 3.ª Sujeción ligera de la eminencia tenar. 4.ª Flexión de todas las falanges de los cuatro últimos dedos. 5.ª Flexión e inclinación cubital de la mano.

1.ª Flexión de las falanges proximales de los cuatro últimos dedos

Esta acción se consigue por medio de unos músculos, cuyos vientres carnosos se sitúan en los espacios interóseos que quedan entre los metacarpianos. Son los *músculos interóseos* (fig. 407).

En la falange proximal de cada uno de los cuatro últimos dedos, con excepción de la parte interna del quinto, se insertan dos músculos interóseos. La inserción se realiza por un pequeño tendón que se fija en el tubérculo lateral de la extremidad superior de la falange. El vientre carnoso, que continúa hacia arriba el tendón, se inserta en las caras laterales de los metacarpianos del correspondiente espacio interóseo.

La contracción de los músculos interóseos tira de la falange proximal y flexiona sobre el metacarpiano. El tendón inferior de estos músculos envía una expansión que se fija en los tendones que recorren el dorso de los dedos (tendones extensores), con lo cual la contracción de los músculos interóseos no sólo origina la flexión de la falange proximal, sino también la extensión de las otras falanges.

En cada espacio intermetacarpiano hay dos músculos interóseos, con excepción del primero, que solamente tiene uno. Ello obliga a que en cada espacio un músculo interóseo se coloque por delante del otro, o dicho

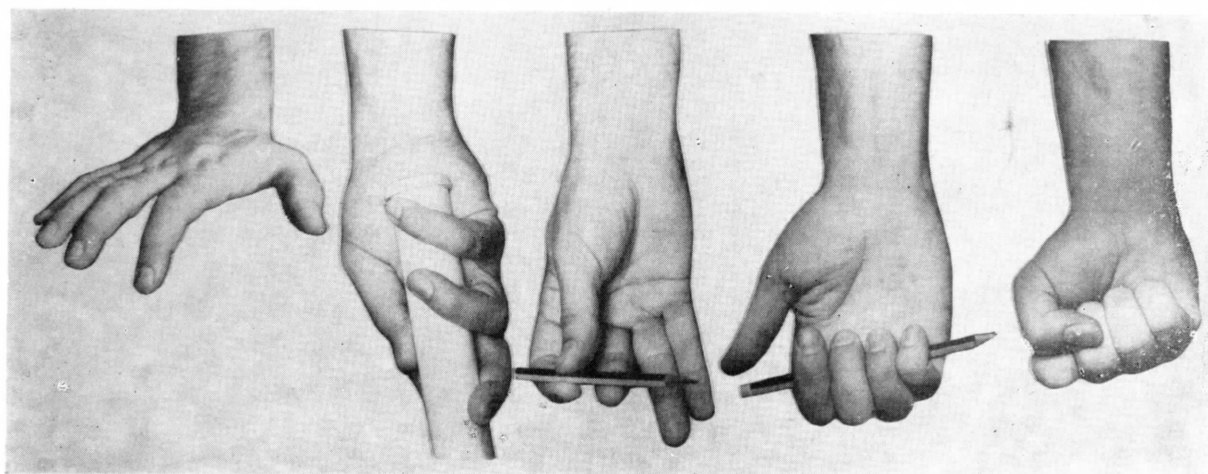


FIG. 402 FIG. 403 FIG. 404 FIG. 405 FIG. 406

FIG. 402. — Mano en posición de *apoyo*.
FIG. 403. — Mano en aprehensión de eje longitudinal: *empuñamiento*.
FIG. 404. — Pinza manual: *pinzamiento*.
FIG. 405. — Mano en aprehensión de eje transverso: ***agarre***.
FIG. 406. — Puño: *apuñamiento*.

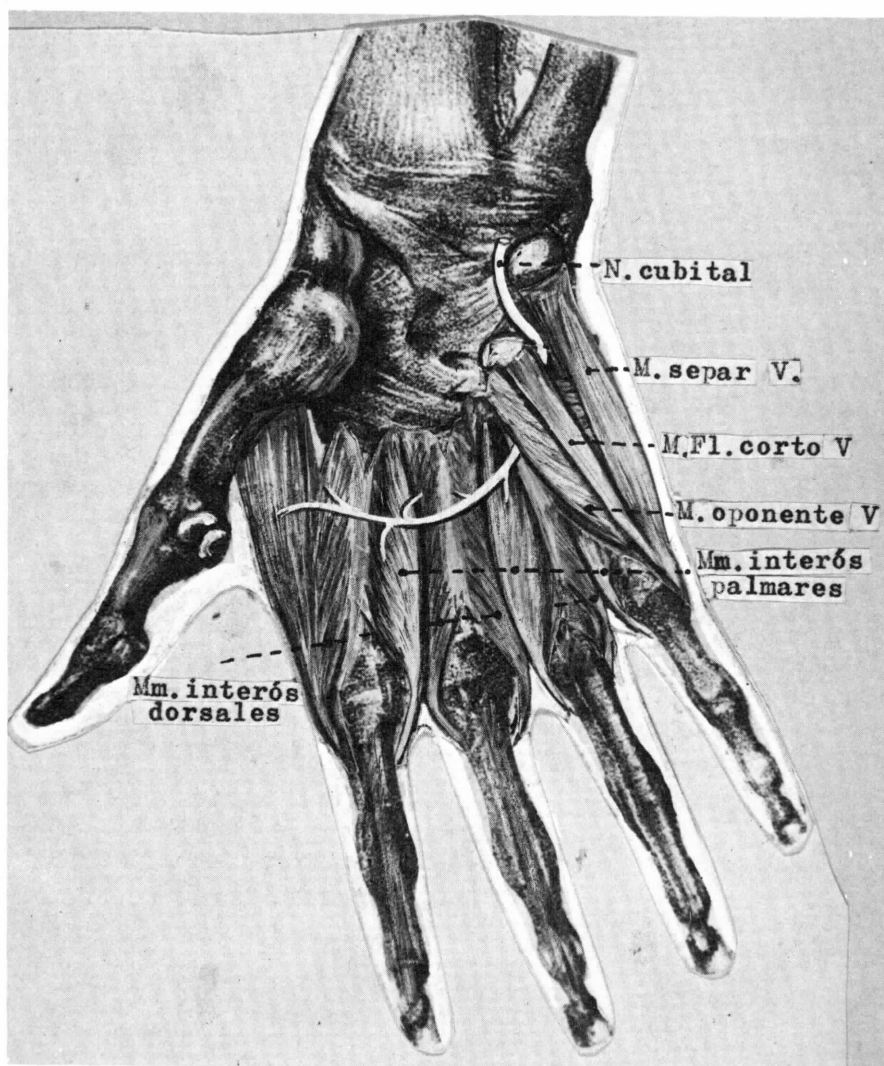


Fig. 407. — Sistema neuromuscular del cubital. Músculos interóseos y de la eminencia hipotenar.

con otras palabras, los músculos interóseos pueden ser palmares (o anteriores) y dorsales (o posteriores).

Los *músculos interóseos dorsales* (figs. 407 y 417) son los que tienen mayor inserción en el espacio intermetacarpiano, pues su vientre carnoso se inserta en toda la cara lateral del metacarpiano, que corresponde a la falange donde se inserta el tendón inferior, y en la mitad dorsal de la cara lateral del otro metacarpiano que limita el espacio interóseo. En la mitad ventral de esta cara metacarpiana, única parte del espacio que deja libre el músculo interóseo dorsal, se inserta el *músculo interóseo palmar;* su tendón inferior se fija en la falange proximal que corresponde al metacarpiano donde el vientre muscular ha tomado inserción.

Resulta difícil recordar qué músculos interóseos son palmares y cuáles son dorsales. Un modo sencillo consiste en saber que los dos músculos interóseos cuyos tendones se fijan en la falange proximal del tercer dedo, es decir, los dos *músculos interóseos del tercer dedo* son dorsales. Esto es lógico porque el fondo del canal óseo metacarpiano (equivalente a la bóveda metatarsiana) pasa por el tercio metacarpiano y, en consecuencia, sus músculos han de ser los más profundos.

Una vez sabido que los interóseos del tercer dedo son dorsales, se puede deducir casi todo el resto.

Comencemos por los dos *músculos interóseos* del *índice:* el interno ha de ser palmar porque se sitúa en el segundo espacio intermetacarpiano ocupado por el extremo del dedo medio, que, como ya se ha dicho, es dorsal. El músculo interóseo externo del índice, el único del primer espacio intermeta-

carpiano, ocupa ampliamente este espacio y es dorsal.

De los dos *músculos interóseos del dedo anular,* el externo es palmar, porque en el tercer espacio intermetacarpiano, en donde se sitúa, tiene que estar por delante del interóseo interno del dedo medio. El músculo interóseo interno del anular puede ser dorsal y, de hecho, lo es, rellenando el cuarto espacio intermetacarpiano.

En este espacio, y en posición palmar con respecto al último músculo, se sitúa también el *músculo interóseo externo del meñique,* único que posee este dedo.

En resumen, existen cuatro músculos interóseos dorsales y tres palmares. Los dorsales son: el externo del segundo dedo, los dos del tercer dedo y el interno del cuarto. Los músculos interóseos palmares son: el interno del segundo dedo, el externo del cuarto y el externo del quinto.

Los músculos interóseos tienen otras acciones muy importantes, que serán analizadas al final de este capítulo.

2.ª Activación de la eminencia hipotenar

Se ha dicho que el labio interno del canal se forma también por la activación de la masa interna de la palma de la mano. Esta masa, denominada *eminencia hipotenar,* está constituida por la musculatura propia del quinto dedo.

Para formar el labio interno del canal es necesario acercar el quinto metacarpiano al eje de la mano, es decir, que este metacarpiano se oponga a los demás. Tal oposición la realiza el *músculo oponente del dedo meñique* (fig. 407), que se inserta por abajo en el borde interno del quinto metacarpiano y por arriba en la apófisis unciforme del hueso ganchoso y en el ligamento que une esta apófisis con el pisiforme.

La flexión de la falange proximal del meñique queda asegurada no sólo por su músculo interóseo, sino también por la existencia del *músculo flexor corto del quinto dedo* (fig. 407), cuya inserción inferior es en la parte interna de la extremidad superior de la primera falange, y la superior se confunde con la superior del oponente (apófisis unciforme y ligamento).

En la parte interna de la extremidad superior de la falange proximal del meñique se inserta también otro músculo que salta hasta el pisiforme. Es el *músculo separador del quinto dedo* (fig. 407), cuya contracción, como indica su nombre, hace que el meñique se separe del eje de la mano.

En la eminencia hipotenar aún existe un músculo sin más misión que la de formar los pliegues de la piel que recubre a la eminencia. Es un músculo cutáneo, llamado *palmar cutáneo,* que se fija en la parte profunda de la piel del borde interno de la eminencia y se dirige transversalmente hacia afuera para fijarse en la aponeurosis palmar.

3.ª Sujeción ligera de la eminencia tenar

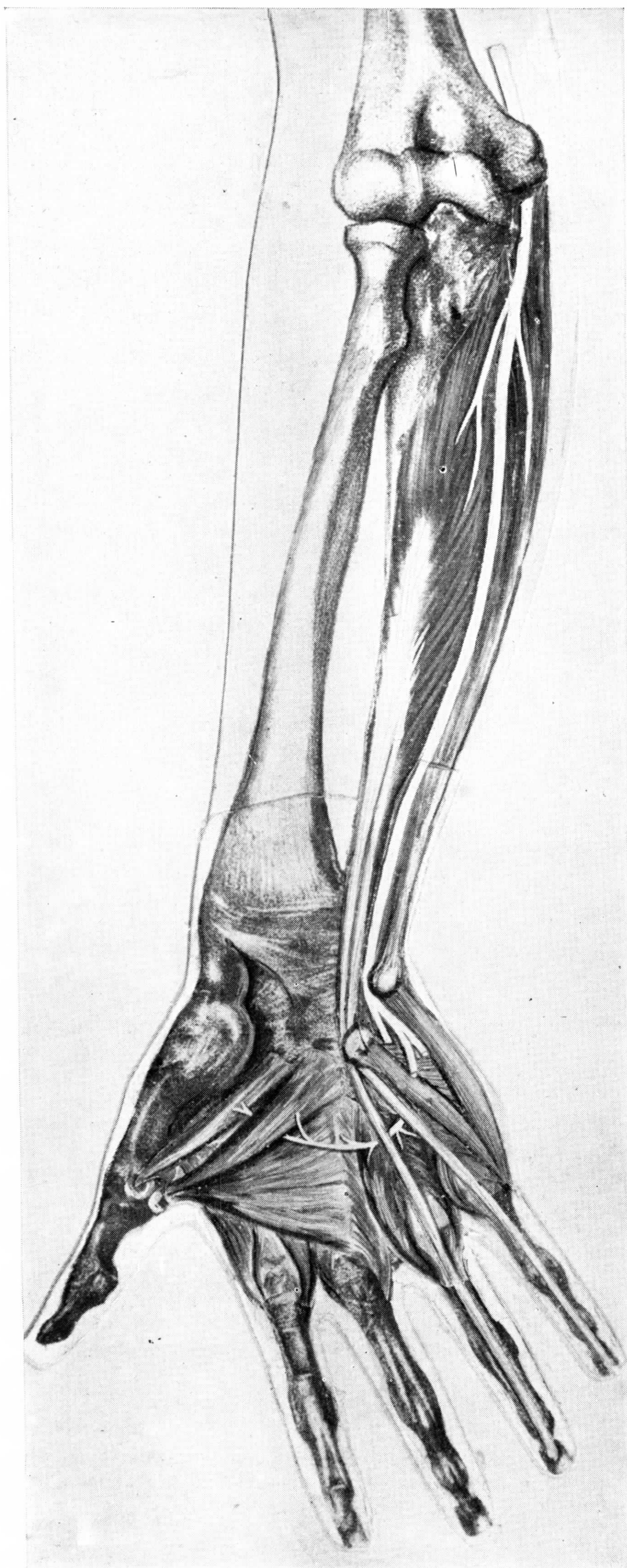
Esta sujeción se asegura por el *músculo aproximador del pulgar* (figs. 408 y 409), cuyo tendón inferior se inserta en el hueso sesamoideo interno de la articulación metacarpofalángica. El vientre carnoso tiene dos fascículos, de los cuales el *transverso* se fija en el borde anterior del tercer metacarpiano, mientras que el *fascículo oblicuo* se inserta en los huesos trapezoide y grande.

El pulgar debe flexionarse algo sobre el objeto, para lo cual existe el *músculo flexor corto del pulgar,* cuyo tendón inferior se inserta en el hueso sesamoideo externo de la articulación metacarpofalángica. El cuerpo muscular está constituido por dos fascículos, el uno profundo y el otro superficial. El *fascículo profundo* (figs. 408 y 409), único inervado por el nervio cubital, se fija por arriba en el hueso trapezoide.

La *eminencia tenar* o relieve externo de la palma de la mano está constituida por los músculos citados (aproximador del pulgar y fascículo profundo del flexor corto del pulgar, inervados por el nervio cubital) y, además, por músculos que pertenecen al sistema del mediano (fascículo superficial del flexor corto, oponente y separador corto del pulgar).

4.ª Flexión de todas las falanges de los cuatro últimos dedos

Ya se ha visto que la acción de los músculos estudiados contribuye a formar los dos labios y el fondo del canal de la palma de la mano, en donde se sitúa el objeto en el acto de empuñar. Es preciso sujetar el objeto con la presión de los pulpejos de los cuatro últimos dedos. Para ello se hace imprescindible la flexión de todas las falanges de estos dedos.



Esta flexión se consigue por medio de tendones que se insertan en las falanges distales de los dedos. Con tal fin, cuatro tendones se insertan en la cara anterior de la tercera falange de los dedos segundo, tercero, cuarto y quinto. Los tendones confluyen hacia el canal del carpo, en cuyo fondo se sitúan. En el antebrazo los tendones se prolongan con haces carnosos que más arriba forman un cuerpo muscular, el cual se inserta en los dos tercios superiores de las caras interna y anterior del cúbito, en la cara anterior del ligamento interóseo y en el borde interno del radio. Es el *músculo flexor común profundo de los dedos* (fig. 410), que tiene doble inervación (cubital y mediano). El nervio cubital inerva los dos haces internos del músculo (haces del cuarto y quinto dedos, figs. 408 y 409).

En la palma de la mano existen cuatro pequeños músculos que se insertan en los tendones del flexor común profundo de los dedos. Por su situación son músculos intertendinosos, pero por su forma reciben el nombre de *músculos lumbricales* (fig. 411). Se designan con los números ordinales primero a cuarto, de los cuales el primero es el más externo. Los tendones inferiores de los lumbricales tienen inserciones semejantes a la de los interóseos. La contracción de los lumbricales determina la flexión de la falange proximal y la extensión de las falanges media y distal de los cuatro últimos dedos.

Los *lumbricales tercero* y *cuarto*, que actúan sobre los dos últimos dedos, están inervados por el cubital. Los músculos lumbricales primero y segundo pertenecen al sistema del mediano.

5.ª Flexión e inclinación cubital de la mano

Para completar el acto de empuñar queda tan sólo la acción de ligera flexión de la mano con inclinación de la misma hacia el lado cubital. Esta acción corrige la oblicuidad del fondo del canal con lo que se consigue que el eje del objeto asido siga la dirección del eje del antebrazo.

FIG. 408. — Sistema neuromuscular del cubital.

Un músculo que desde el antebrazo traccione la parte anterointerna de la muñeca, podría efectuar la flexión e inclinación interna de la mano. Precisamente, la parte anterointerna de la muñeca tiene un gran saliente, el hueso pisiforme, en donde se inserta el tendón del *músculo cubital anterior* (figuras 408 y 409). Su cuerpo muscular, por arriba, toma inserción, por una parte, en la epitróclea y borde interno del olécranon (figura 417), y por otra, en el borde interno del hueso cúbito. En la actual nomenclatura, el músculo recibe la denominación de *músculo flexor cubital del carpo,* que indica su acción.

Los músculos interóseos (palmares y dorsales), los de la eminencia hipotenar (oponente, flexor corto, separador del quinto dedo y palmar cutáneo), algunos de la eminencia tenar (aproximador del pulgar y fascículo profundo del flexor corto del pulgar), la parte interna del músculo flexor común profundo de los dedos (los fascículos de los dedos cuarto y quinto), los músculos lumbricales del cuarto y quinto dedos y el músculo cubital anterior constituyen el *sistema neuromuscular del cubital,* es decir, que están inervados por este nervio.

El NERVIO CUBITAL (figs. 408 y 409) nace del plexo braquial y desciende por la parte interna del brazo. Pasa por detrás de la epitróclea, casi incrustado en un canal que presenta la cara posterior de esta eminencia, y se introduce entre los fascículos epitroclear y olecraniano del músculo cubital anterior. En la cara anterior del antebrazo desciende por delante del músculo flexor común profundo y está cubierto por el músculo cubital anterior, a los cuales envía ramas de inervación. En la muñeca pasa por delante del ligamento anular y por fuera del hueso pisiforme, para después penetrar en la parte alta de la musculatura hipotenar e incurvarse en arco muy profundo que se dirige hacia el músculo aproximador del pulgar. Durante su último trayecto envía ramitas nerviosas a los músculos que en la mano inerva.

Obsérvese que todas las acciones musculares que se coordinan en el acto de empuñar no son exclusivas del sistema neuromuscular del cubital.

Así, por ejemplo, la flexión de la falange distal de los cuatro últimos dedos resulta de la contracción de un músculo, el flexor común profundo, que tiene doble inervación. Y la flexión de la falange proximal sobre el metacarpiano correspondiente de los cuatro últimos dedos es obra de muchos músculos, tales como los interóseos, el flexor corto del

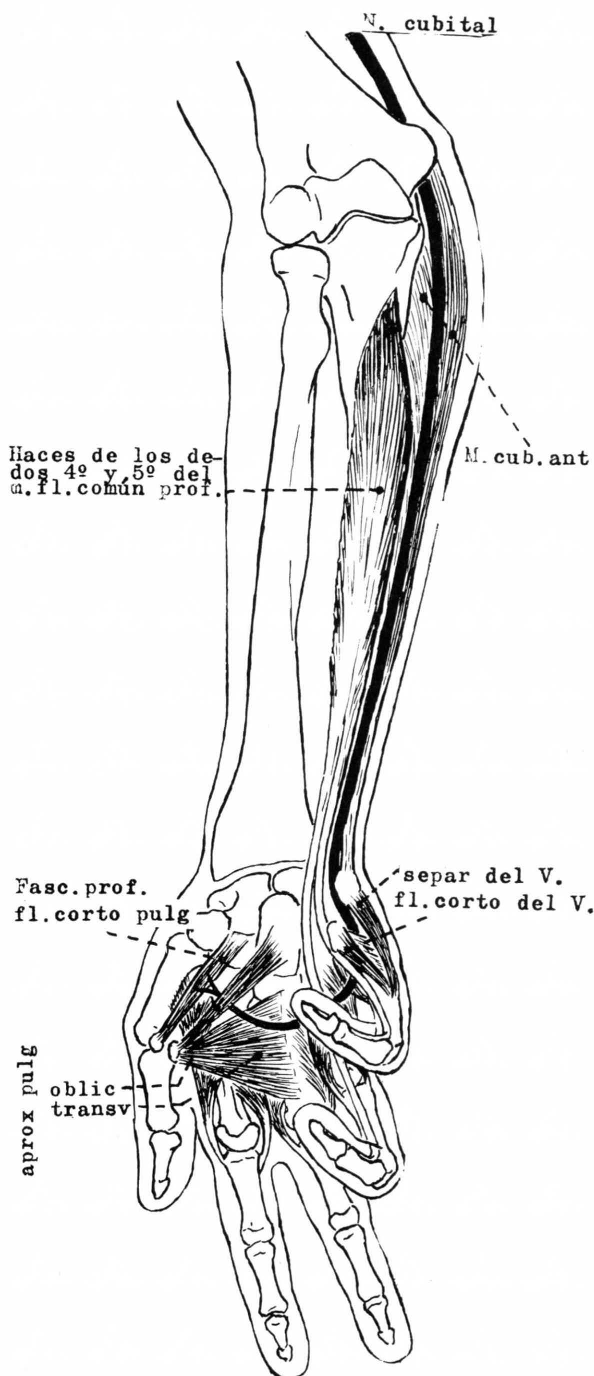


FIG. 409. — Esquema del sistema neuromuscular del cubital, destinado a mostrar su actuación sobre la mano.

quinto dedo (incluso también el músculo separador del meñique tiene acción flexora) y los lumbricales. Estos últimos están inervados por el mediano (lumbricales primero y segundo) y por el cubital (lumbricales tercero y cuarto). Hay, pues, un engranaje funcional entre los sistemas del cubital y del mediano.

El ente vivo y sus funciones se rebelan a todo intento de esquema; el esquema es ficticio, aunque es preciso para el estudio sistemático.

Sin embargo, a veces, al profundizar en los problemas, éstos se hacen más fáciles. Concretamente, en el caso del músculo flexor común profundo de los dedos y en el de los lumbricales sorprende que la parte interna del primero y los lumbricales internos sean los inervados por el nervio cubital. Puede aducirse la razón topográfica, de proximidad, pues el nervio desciende por el lado interno del antebrazo. Pero resulta que la contracción de estos músculos bajo la acción del cubital contribuye en gran manera a la formación del labio interno del canal, una de las principales funciones del acto de empuñar, mientras que por parte del mediano hacen movilizar los dedos índice y medio, que juegan un gran papel en la rama externa de la pinza (véase el próximo capítulo).

Además, la contracción intensa de músculos, tales como el flexor común profundo de los dedos, que desde una a otra inserción saltan sobre varias articulaciones, actúa sobre todas ellas. Así, la contracción intensa de los fascículos de los dos últimos dedos de este músculo, inervados por el cubital, flexionan sus falanges distales sobre las medias, éstas sobre las proximales (fig. 409), a su vez sobre los metacarpianos IV y V, y aún obliga a la flexión del carpo y de la muñeca en su lado cubital. Con ello, la parte interna del músculo flexor común profundo coadyuva a la acción del músculo cubital anterior y, por tanto, se confirma su papel decisivo en el acto de empuñar.

También se ha dicho que los músculos de un sistema neuromuscular, en este caso del cubital, tienen más acciones que las que precisa el acto en que se especializa.

Por ejemplo, en la acción de separar los dedos, abriéndolos en forma de abanico, y en la opuesta, la de cerrarlos, juega un papel fundamental el sistema neuromuscular del cubital.

En estas acciones se toman como referencia el tercer dedo, por donde pasa el eje de la mano. La contracción simultánea de los dos músculos interóseos del dedo medio determina la fijación e inmovilización del mismo.

Inmovilizado el tercer dedo, la acción de abrir los dedos es alejarlos del eje. Esta acción corre a cargo de los músculos interóseos dorsales: el externo del índice y el interno del anular. El dedo meñique se aleja del eje por la contracción de su músculo separador. Todos estos músculos están inervados por el cubital. Pero la separación del pulgar corre a cargo de músculos cuya inervación depende del mediano y del radial.

El cierre de los dedos, o sea, la aproximación de todos ellos al eje, requiere también la inmovilización previa del tercer dedo por contracción de sus dos músculos interóseos. La contracción de los interóseos palmares determina la aproximación al eje de la mano de los dedos índice (interóseo interno), anular (interóseo externo) y meñique (interóseo externo). En cuanto al primer dedo, tal acercamiento es obra del músculo aproximador del pulgar. De este modo resulta que el cierre de los dedos, no así su separación, es acción específica del sistema neuromuscular del cubital, y en concreto de los músculos interóseos palmares y del aproximador del pulgar. El canal que en la palma de la mano se forma en el acto de empuñar precisa de la combinación de acciones, tales como el cierre de los dedos y la flexión de las falanges proximales sobre los cuatro últimos metacarpianos, en las que juegan papel primordial los músculos interóseos.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR. SISTEMA NEUROMUSCULAR CUBITAL = EMPUÑAMIENTO. Músculos interóseos metacarpianos. Músculos separadores y flexores del dedo pequeño. Región hipotenar. Músculos aproximadores y fascículo corto profundo del flexor del pulgar. Vientres flexores largos profundos de las falanges distales del cuarto y quinto dedo. Músculo cubital anterior. *Nervio cubital.*

CAPÍTULO 59

SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL MEDIANO = «PINZAMIENTO, AGARRE»

Este sistema juega un papel muy importante en la pinza manual y en la formación del puño (figs. 404 y 406).

Recuérdese que la pinza manual consta de dos ramas, de las cuales la más móvil es la externa, que está representada por el dedo pulgar, único imprescindible en esta función de pinza, pues no puede ser sustituido por ningún otro dedo. La rama interna con gran frecuencia es el dedo índice, aunque en esta función puede ser reemplazado por cualquiera de los tres últimos dedos.

Antes de que la mano actúe como pinza es preciso que se oriente, lo que se consigue por una pronación regulada que permite dirigir la mano hacia el objeto que se pinza.

Se repite una vez más que el desglosamiento de los actos es esquemático y se ajusta a un sentido didáctico, que frecuentemente concuerda con la realidad. Así, es cierto que la pinza ejerce su acción la mayor parte de las veces con la mano pronada, y en esta posición actúan sinérgicamente ambas manos. Sin embargo, esto no quiere decir que el pinzamiento no pueda realizarse con la mano supinada.

Para estas acciones se precisan: 1.° Músculos pronadores. 2.° Músculos que actúan sobre las dos ramas de la pinza.

1.° Músculos pronadores

La inserción de estos músculos ha de hacerse en el radio, que es el hueso que se desplaza en los movimientos de pronación. La inserción fija es en el hueso cúbito fundamentalmente.

Hay dos músculos pronadores. Uno de ellos es el *músculo pronador cuadrado* (figuras 410 y 413), que desde la parte inferior de la cara anterior del radio se dirige transversalmente hasta la cara anterior del cúbito.

El otro es el *músculo pronador redondo* (figs. 410 y 413), que se inserta hacia la parte media de la cara externa del radio, desde donde se dirige hacia arriba y adentro para fijarse por medio de dos fascículos en la apófisis coronoides del cúbito (fascículo coronoideo o profundo) y en la epitróclea (fascículo epitroclear o superficial).

2.° Músculos que actúan sobre las dos ramas de la pinza

La misión de pinza requiere músculos flexores de los dedos que los traccionen desde las falanges distales. Con este fin, en el capítulo anterior se ha estudiado el *músculo flexor común profundo de los dedos* (figura 410), que flexiona la falange distal de los cuatro últimos. Como ya se ha dicho, la parte interna de este músculo (fascículos del cuarto y quinto dedos) está inervada por el nervio cubital. La parte externa (fig. 413), inervada por el nervio mediano, es la que actúa sobre los dedos segundo y tercero, los

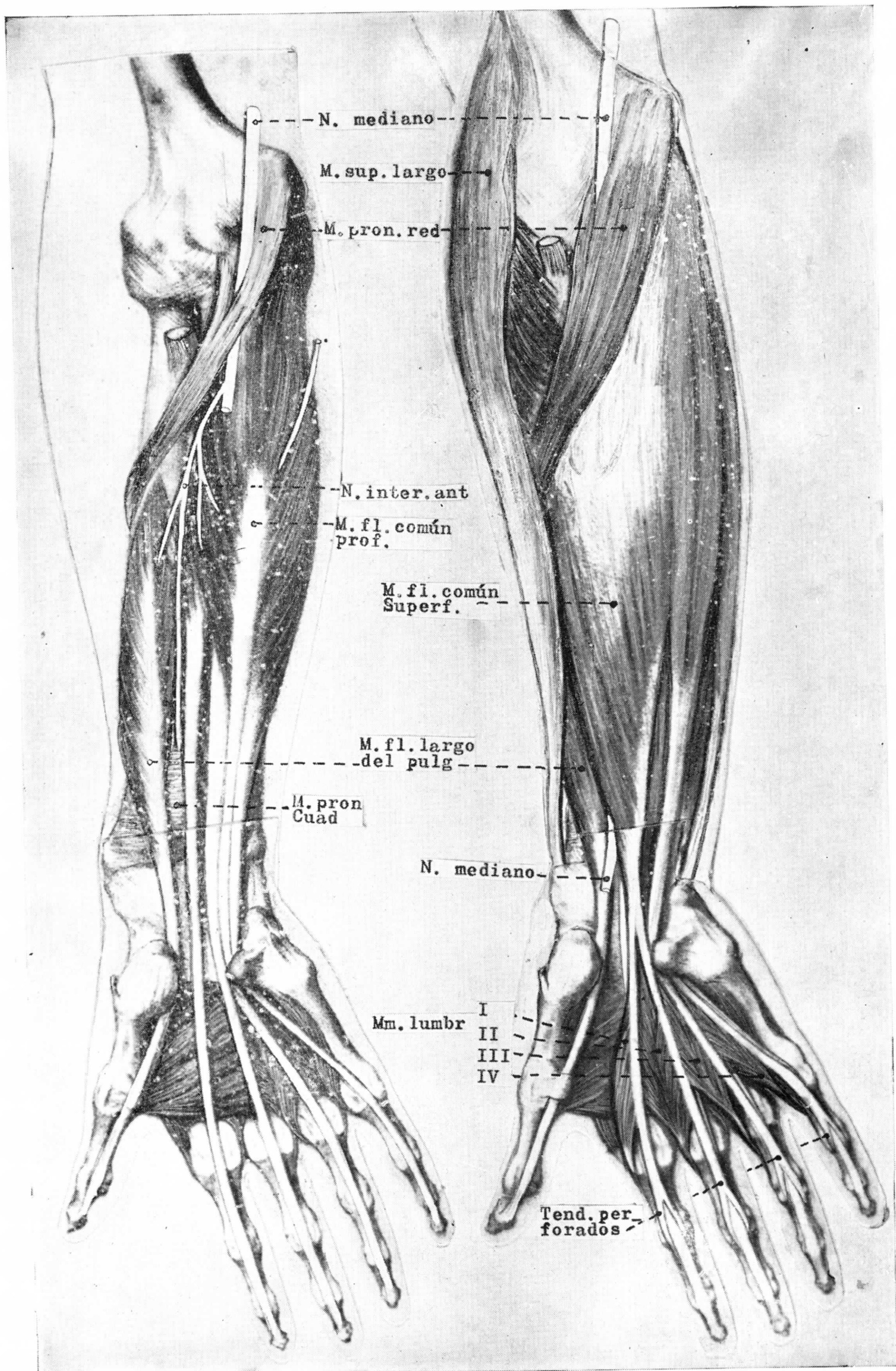


Fig. 410

Fig. 411

más importantes como rama interna de la pinza. Sus inserciones han sido estudiadas.

También los *músculos lumbricales* (figuras 411 y 412) *primero* y *segundo*, inervados por el mediano, contribuyen a movilizar los dedos índice y medio, en los que originan la flexión de su primera falange y extensión de las otras dos.

Así pues, la parte externa del flexor común profundo y los dos lumbricales externos ejercen su acción sobre los dedos índice y medio, con lo que se moviliza la rama interna de la pinza.

Es preciso también activar la rama externa de la pinza, es decir, el pulgar. Esta rama es la que requiere mayor riqueza de movimientos y, por lo tanto, la que necesita mayor número de músculos especializados.

Ante todo, precisa un músculo largo, semejante al flexor común profundo, cuya contracción flexione con fuerza el pulgar. En efecto, existe el *músculo flexor largo del pulgar* (figs. 410 y 413), cuyo tendón inferior se inserta en la falange ungueal de este dedo. En el antebrazo el tendón se continúa con un cuerpo carnoso que se inserta en la cara anterior del radio (desde la tuberosidad bicipital hasta el borde superior del pronador cuadrado).

En su función de pinza el pulgar es solicitado por otros músculos pequeños, situados en la eminencia tenar y que están inervados por el mediano.

En el capítulo anterior se estudió el fascículo profundo del *músculo flexor corto del pulgar* (inervado por el cubital). Este músculo tiene también un fascículo superficial, inervado por el nervio mediano. El *fascículo superficial* (figs. 412 y 413) se inserta por un tendón (común al fascículo profundo) en el sesamoideo externo, mientras que por arriba se fija en el tubérculo del trapecio y en el ligamento anular del carpo. Entre los dos fascículos pasa el tendón del músculo flexor largo del pulgar.

← –

Fig. 410. — Sistema neuromuscular del mediano. Plano profundo.

Fig. 411. — Sistema neuromuscular del mediano, destinado a mostrar el plano del músculo flexor común superficial de los dedos.

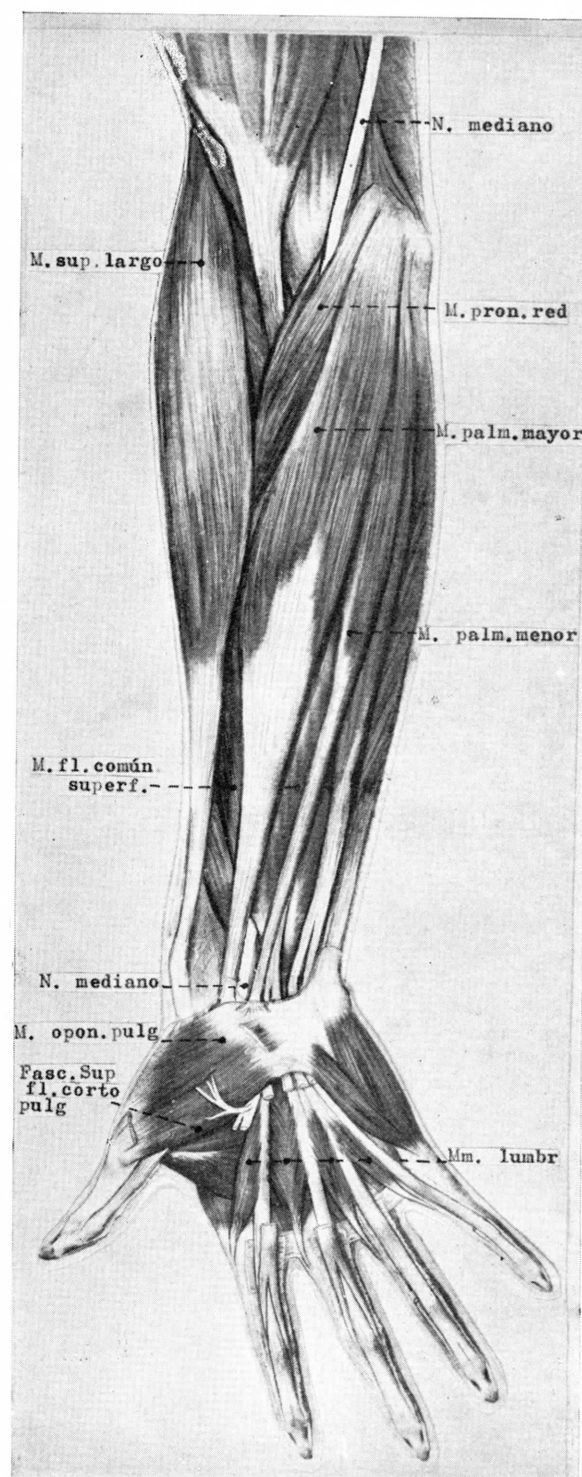


Fig. 412. — Sistema neuromuscular del mediano. Plano superficial.

Uno de los movimientos más importantes del pulgar como pinza es su oposición al resto de los dedos. Esta oposición se logra gracias al *músculo oponente del pulgar* (figuras 412 y 413), inserto en la parte externa de la cara anterior del primer metacarpiano. Por arriba se fija en el tubérculo del trapecio y en el ligamento anular del carpo.

También existe una musculatura separadora para que desde esta posición el pulgar pueda iniciar su juego. Es el *músculo separador corto del pulgar* (fig. 413), que toma inserción en la parte lateral externa de la primera falange, desde donde salta para insertarse en el tubérculo del escafoides.

El sistema neuromuscular del mediano interviene también en la *formación del puño* (fig. 406). Cuando el puño se forma alrededor de un objeto longilíneo, la mano agarra ese objeto (fig. 405). Es un modo de asir, distinto al acto de empuñar y al de la pinza; el objeto asido se dispone transversalmente al eje del miembro.

El canal que ahora forma la mano es transverso. En algunos casos los cuatro últimos dedos forman a modo de un gancho, cuyo fondo son las segundas falanges (fig. 405), sobre las cuales descansa el objeto.

No cabe duda que en estos actos intervienen músculos flexores de los dedos de gran fuerza, como son los flexores largos (flexor común profundo de los dedos y flexor largo del pulgar, ya estudiados). Pero un nuevo matiz flexor ha de ejercerse directamente sobre las falanges segundas de los cuatro últimos dedos, que, como ya se ha dicho, en muchos casos soportan el peso del objeto.

Este matiz lo proporciona un músculo que tracciona directamente de las falanges medias. Es el *músculo flexor común superficial de los dedos* (fig. 411), cuyos cuatro tendones inferiores se insertan en la falange media de los cuatro últimos dedos. La inserción no puede hacerse directamente en la cara anterior de la falange, porque se encuentra cubierta por el paso del tendón correspondiente del flexor profundo. Por ello, la inserción se hace por medio de dos cintillas tendinosas que se fijan en los bordes laterales de la segunda falange. Las cintillas ascienden y más arriba, y por delante de los tendones flexores profundos, se reúnen en un tendón. Así se origina un ojal, que es atravesado por el tendón profundo. De ahí que a éste se le dé el nombre de *tendón perforante,* mientras que el del flexor superficial recibe la denominación de *tendón perforado* (fig. 411).

Los tendones del flexor común confluyen hacia el canal del carpo, en donde no están yuxtapuestos, sino colocados en dos planos, uno anterior y otro posterior. El plano anterior está integrado por los tendones del dedo medio y del anular; el posterior por los de los dedos índice y meñique.

En el antebrazo los tendones se continúan con un cuerpo carnoso que, por una parte, se inserta en el borde anterior del radio (inserción lineal en la porción oblicua de dicho borde) y, por otra, en la apófisis coronoides y en la epitróclea. Un *arco fibroso* se extiende entre la inserción radial y la coronoideo-epitroclear.

La contracción intensa de los flexores comunes de los dedos puede originar incluso la flexión de la mano a nivel de la muñeca. Esta flexión es como una acentuación extrema del canal transverso de la mano.

Hay músculos pertenecientes al sistema neuromuscular del mediano, que flexionan directamente la mano sobre el antebrazo. Son los músculos palmares.

El más externo de ellos es el *músculo palmar mayor* (figs. 412 y 414), que por un tendón inferior se inserta en la extremidad superior del segundo metacarpiano, que es el que queda más encajado en el carpo. El ten-

→

FIG. 413. — Esquema del plano profundo del sistema neuromuscular del mediano. Obsérvese la formación de la pinza manual.

FIG. 414. — Esquema del plano superficial del sistema neuromuscular del mediano. Obsérvese que la mano ha formado un eje transversal para agarrar.

M. pron. red

M. fl. largo del pulg.

Haz de los dedos 2º y 3º del m. fl. común profundo

M. pron. cuad

M. separ. corto pulg

M. opon. pulg

Haz superf m. fl. corto pulg

M. lumbric

FIG. 413

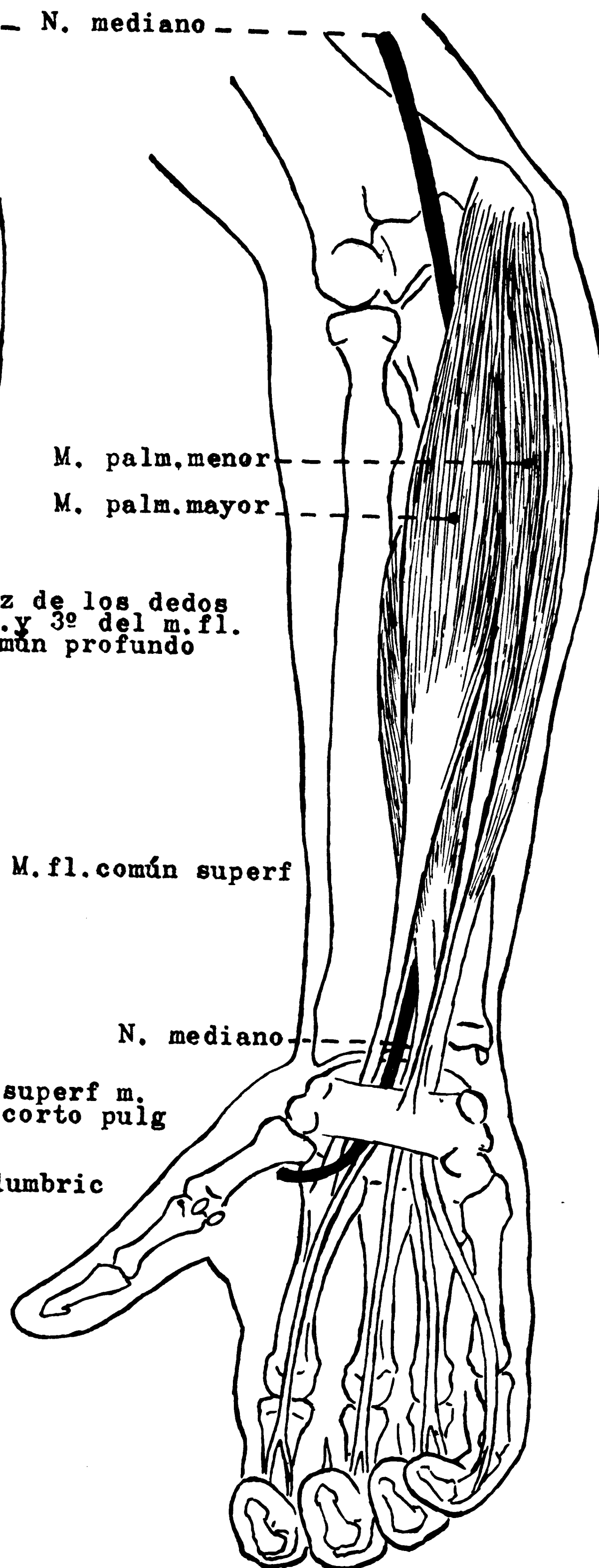


FIG. 414

dón inferior del otro músculo, denominado *músculo palmar menor* (figs. 412 y 414), se fija en la aponeurosis palmar y en el ligamento anular del carpo. Ambos músculos palmares se insertan por arriba en la epitróclea.

El NERVIO MEDIANO (figs. 410 a 414), una de las ramas terminales del plexo braquial, desciende por el brazo y por la flexura del codo. Pasa entre los dos fascículos del pronador redondo y se introduce en el ojal fibroso del músculo flexor común superficial de los dedos.

En el antebrazo desciende siguiendo su línea media (de ahí su nombre) y entre los músculos flexor común profundo y flexor común superficial, pero incluido en la vaina aponeurótica de este último.

En la flexura del codo da ramas nerviosas para los músculos epitrocleares de su sistema (pronador redondo, palmar mayor, palmar menor y flexor común superficial). Un poco más abajo da ramas a la parte externa del músculo flexor común profundo y al músculo flexor largo del dedo gordo. También da el llamado *nervio interóseo anterior* (fig. 410), que desciende aplicado a la membrana interósea (en el intersticio que separa a los músculos flexor largo del pulgar y flexor común profundo) e inerva al músculo pronador cuadrado.

En la muñeca, el mediano penetra en el conducto carpiano, en donde se sitúa por fuera del tendón flexor superficial del índice. Por debajo del ligamento anular del carpo da ramas (fig. 412) a los músculos de la eminencia tenar (fascículo superficial del flexor corto del pulgar, oponente del pulgar y separador corto del pulgar).

En los actos de manipulación se habrá podido observar que existe un engranaje funcional entre los sistemas neuromusculares del cubital y del mediano. Este engranaje queda aún más manifiesto por la existencia de músculos que, como el flexor común profundo de los dedos y el flexor corto del pulgar, tienen doble inervación. O incluso, grupos musculares, como el de los lumbricales, cuya inervación se distribuye entre ambos sistemas.

Desde un punto de vista topográfico, los músculos de ambos sistemas se localizan en la mano y en la región anterior del antebrazo.

El grupo anterior del antebrazo se dispone en varios planos, que de la superficie a la profundidad son: 1.° Pronador redondo, palmar mayor, palmar menor y cubital anterior. 2.° Flexor común superficial de los dedos. 3.° Flexor largo del pulgar y flexor común profundo. 4.° Pronador cuadrado.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL MEDIANO = PINZAMIENTO, AGARRE. Músculos pronadores. Músculos que actúan sobre las dos ramas de la pinza. Músculo flexor largo del pulgar. Vientres del flexor común profundo para las falanges distales del segundo y tercer dedo. Músculos lumbricales. Músculo flexor corto superficial del pulgar. Músculo oponente del pulgar. Músculo separador corto del pulgar. Músculo flexor común largo superficial de los dedos. Músculo palmar mayor. Músculo palmar menor. *Nervio mediano.* Nervio interóseo. Ramo tenar muscular. EL APUÑAMIENTO.

CAPÍTULO 60

SISTEMA DEL NERVIO MUSCULOCUTÁNEO Y DE LOS PEQUEÑOS NERVIOS AXILARES. «ABRAZAMIENTO». PLEXO BRAQUIAL

El ABRAZAMIENTO, de marcado carácter flexor, se carácteriza por la flexión del antebrazo sobre el brazo, la flexión del brazo sobre la escápula, la aproximación y la rotación interna del brazo. El abrazamiento se hace más eficaz si la escápula es desplazada hacia afuera y adelante, con lo que el muñón del hombro es proyectado hacia adelante. En el abrazamiento intervienen varios sistemas neuromusculares, que actúan sobre las articulaciones del codo y del hombro.

El sistema neuromuscular más importante en el abrazamiento es el del musculocutáneo, pues las acciones de sus músculos resumen todo el abrazamiento y es el único que actúa sobre el codo.

Las acciones de los otros músculos intervienen en el abrazamiento por su actuación sobre el cinturón escapular y movilización de las articulaciones del hombro y la esternoclavicular Están inervados por ramas colaterales del plexo braquial.

SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL MÚSCULO CUTÁNEO

La flexión del codo necesita músculos que traccionen de los huesos del antebrazo. Entre éstos existe uno cuyo tendón inferior se inserta en la apófisis coronoides del cúbito, mientras que el cuerpo carnoso se fija en el borde anterior y en las caras interna y externa del húmero. Es el *músculo braquial anterior* (fig. 415), esencialmente flexor del codo.

Realizada esta flexión, el abrazamiento requiere la flexión del brazo sobre la escápula y la aproximación del mismo. Esta acción puede realizarla un músculo que se inserte en la cara interna del húmero (inmediatamente por encima del braquial anterior) y traccione de este hueso hacia adelante y adentro. Por arriba se fija en la apófisis coracoides. En razón de sus inserciones (coracoides-húmero), recibe el nombre de *músculo coracobraquial* (figura 415).

Los músculos braquial anterior y coracobraquial dinamizan la articulación del codo y la escapulohumeral, respectivamente.

Para reforzar la acción de estos dos músculos hay otro que, por abajo, se inserta por medio de un fuerte tendón, dispuesto en un plano casi sagital, en la llamada tuberosidad bicipital del radio. Este tendón se continúa hacia arriba por un cuerpo muscular, que se sitúa por delante del braquial anterior, al que cubre. Más arriba, el cuerpo muscular se divide en dos vientres o porciones. Se trata, pues, de un músculo con dos vientres (o bíceps) y se denomina *músculo bíceps braquial* (en la fig. 415 el músculo bíceps está

seccionado en su mayor parte, pero puede verse el tendón inferior y parte de su vientre carnoso, así como los tendones superiores).

El vientre externo o *porción larga del bíceps* se continúa con un tendón, que en la extremidad superior del húmero excava la corredera bicipital, en cuyo fondo se incrusta. Más arriba, el tendón se hace intraarticular (articulación escapulohumeral) y se inserta en la parte más alta del rodete glenoideo y del reborde óseo de la cavidad glenoidea de la escápula.

El vientre interno o *porción corta del bíceps* sigue su trayecto ascendente, continuado por un tendón que se inserta, unido al del músculo coracobraquial, en la apófisis coracoides.

La acción fundamental del bíceps es flexionar el antebrazo sobre el brazo, pero además dirige el brazo hacia adelante y adentro. Por estas acciones interviene fundamentalmente en el abrazamiento. Si el músculo se contrae cuando el antebrazo está pronado, primero, lo coloca en supinación y después lo flexiona.

El tendón inferior del bíceps envía una *expansión aponeurótica* que cubre la parte alta de los músculos epitrocleares.

Estos tres músculos están inervados por una rama terminal del plexo braquial, llamada NERVIO MUSCULOCUTÁNEO (figura 415). Este nervio atraviesa el músculo coracobraquial (por eso, éste ha recibido también el nombre de *músculo perforado*) y lue-

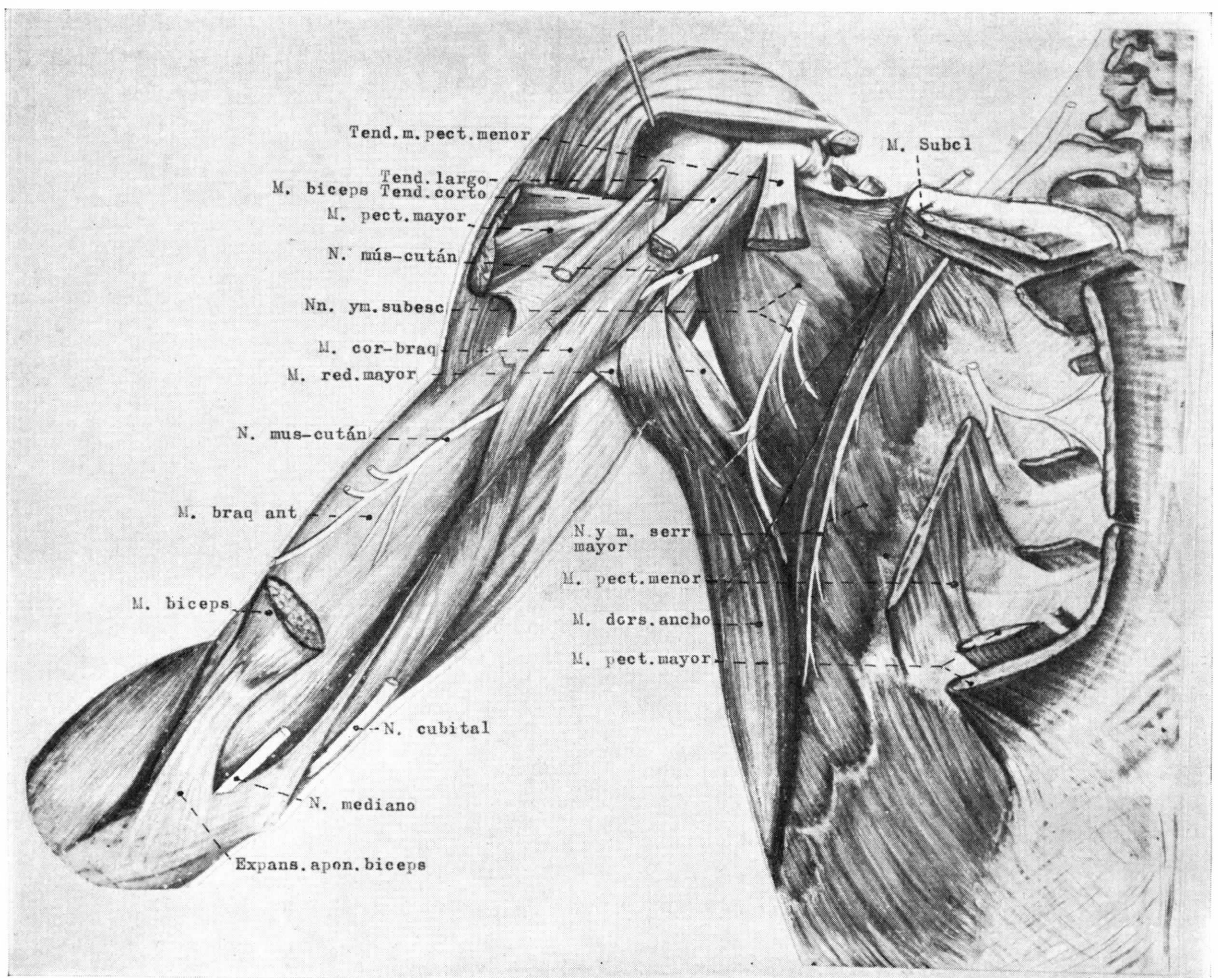


FIG. 415. — Sistemas neuromusculares del abrazamiento.

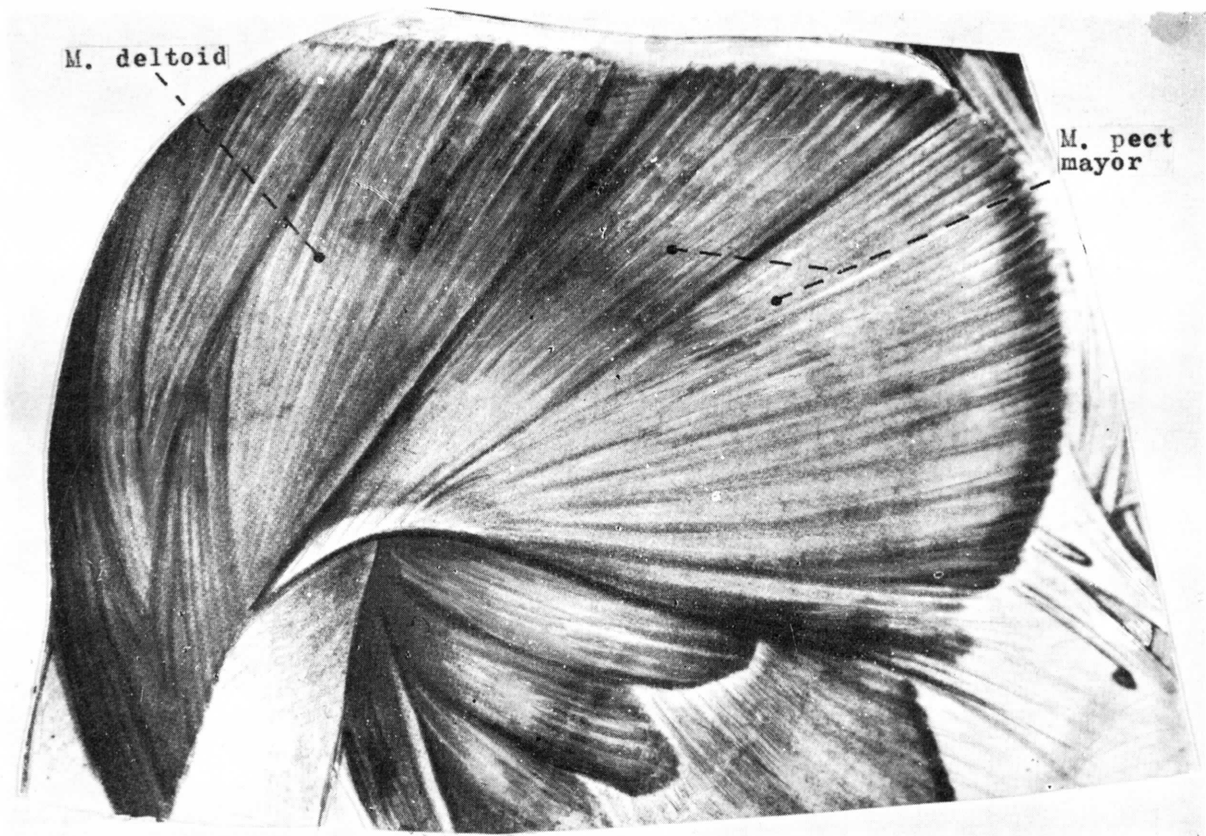


FIG. 416. — Músculos pectoral mayor y deltoides, vistos por delante.

go se sitúa entre el bíceps y el braquial anterior.

En resumen, el sistema neuromuscular del musculocutáneo (músculos braquial anterior, coracobraquial y bíceps) es flexor del codo y flexor y aproximador del brazo.

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DE LA AXILA EN RELACIÓN CON EL ABRAZAMIENTO

Para que la acción abrazadora, realizada por el sistema neuromuscular del musculocutáneo pueda ser ampliada, se precisan músculos que actúen sobre el muñón del hombro.

En efecto, si la escápula es desplazada hacia adelante y afuera, el muñón del hombro se proyecta hacia adelante, con lo que la acción del sistema neuromuscular del musculocutáneo realiza un abrazamiento más efectivo.

Con este fin se disponen las fibras del *músculo serrato mayor* (fig. 415), que se inserta en el borde interno (borde espinal) de la escápula. Desde la escápula los haces se extienden en sábana, aplicados a la caja torácica, en donde a su vez se insertan en las diez primeras costillas por medio de diez digitaciones, cuyo conjunto se asemeja a los dientes de una sierra (de ahí su nombre). El fascículo superior, que se inserta en el ángulo superior de la escápula, es diferente del resto del músculo; en el tórax se fija en el borde externo de la primera costilla y en la cara externa de la segunda, y en un arco aponeurótico extendido entre las dos inserciones costales. Por su aspecto, este fascículo se denomina bicorne.

El músculo serrato mayor fija la escápula

al tórax, la desplaza hacia adelante y afuera, con lo cual proyecta el muñón del hombro hacia adelante y un tanto arriba. Esta desviación hacia arriba se debe al predominio de la parte inferior del músculo.

Hay otros músculos que aproximan el brazo y lo rotan hacia adentro, con lo que contribuyen a la eficacia del abrazamiento. Entre éstos hay uno que, por medio de un fuerte tendón, se fija al troquín humeral. Este tendón, que es uno de los ligamentos activos de la articulación escapulohumeral, se continúa con haces musculares que se insertan en toda la cara anterior de la escápula o fosa subescapular, por lo que recibe el nombre de *músculo subescapular* (fig. 415).

Acción semejante (aproximar el brazo y rotarlo hacia adentro) realiza otro músculo, cuyo tendón también ha de fijarse en la parte superior del húmero, y concretamente lo hace por el labio interno de la corredera bicipital. Por dentro se inserta en una superficie de la escápula, situada en la cara posterior del hueso y contigua a la parte inferior del borde externo. Es el *músculo redondo mayor* (figs. 415, 419 y 420).

Otro músculo rotador y aproximador del brazo es el *músculo dorsal ancho* (fig. 415) o latísimo, estudiado ya en el retrosoma. Su tendón de fijación en el húmero abraza y contornea por abajo al del músculo redondo mayor, para insertarse por fuera de éste en el fondo de la corredera bicipital. Sin embargo, la acción del dorsal ancho no es típica del abrazamiento, pues si bien es cierto que es un músculo aproximador del brazo, cuando la contracción es intensa lo dirige hacia atrás, acción esta última no útil al abrazamiento.

Cuando el sujeto está suspendido, la acción del músculo dorsal ancho es trepadora, pues en este caso la inserción fija es la humeral, desde donde el músculo eleva el cuerpo tirando de sus inserciones retrosomaticas (inserción que se realiza por medio de una lámina tendinosa triangular en las apófisis espinosas de las seis últimas vértebras dorsales, de las lumbares, de la cresta sacra y del tercio posterior de la cresta ilíaca). En esta acción de elevar el cuerpo, el músculo dorsal ancho es ayudado por el redondo mayor.

Aún hay tres músculos más que se encargan de desplazar el muñón del hombro, de los cuales uno tira de la clavícula, el segundo de la apófisis coracoides y el tercero tira de la parte superior del húmero.

El primero es el *músculo subclavio* (figura 415), que se inserta en la parte media de la cara inferior de la clavícula en un canal, el canal del subclavio, y por dentro y abajo se inserta en el primer cartílago costal y en la primera costilla.

El que tracciona desde la apófisis coracoides es el *músculo pectoral menor*, inserto en dicha apófisis por medio de un tendón. Éste se continúa hacia abajo y por adentro por un cuerpo carnoso de forma triangular que se inserta en la cara externa de la tercera, cuarta y quinta costillas (en la fig. 415 pueden observarse los dos extremos de este músculo).

Por último, el *músculo pectoral mayor* (figuras 415 y 416), que moviliza el húmero desde la corredera bicipital, inserto en la clavícula y en el tórax. En efecto, el músculo se inserta en los dos tercios internos del borde anterior de la clavícula, en la mitad correspondiente del esternón y en los cinco o seis primeros cartílagos costales. Desde aquí las fibras convergen hacia el labio externo de la corredera bicipital, en donde se inserta por medio de un tendón formado por dos láminas tendinosas. De éstas la anterior está constituida por las fibras que vienen de la clavícula, mientras que la lámina tendinosa posterior es continuación de las fibras esternales y costales. El músculo pectoral mayor puede de este modo rotar el brazo hacia adentro y aproximarlo y así facilitar el abrazamiento.

Los músculos pectorales, subclavio y serrato mayor, además de su acción mencionada, tienen otra muy importante. Todos estos músculos, cuando se fijan en la escápula, en la clavícula o en el húmero, traccionan de las costillas. En este caso las elevan y son, por lo tanto, músculos inspiradores.

Los músculos que ayudan al abrazamiento (serrato mayor, subescapular, redondo mayor, dorsal ancho, subclavio, pectoral menor y pectoral mayor) están inervados por ramas colaterales del plexo braquial.

El PLEXO BRAQUIAL (fig. 450), cuyo estudio detallado se hará más adelante, está formado por las raíces anteriores o presomáticas de los nervios raquídeos C5, C6, C7, C8 y D1. Las C5 y C6 se unen y forman el *tronco primario superior*. La C7 forma por sí sola el *tronco primario medio*. Las C8 y D1 se reúnen y forman el *tronco primario inferior*.

Cada uno de los troncos primarios se desgaja en una rama anterior y otra posterior. Las ramas posteriores se reúnen en una «aleta» posterior, mientras que las ramas anteriores reunidas forman una «aleta» anterior.

Los músculos subescapular, redondo mayor y dorsal ancho suelen estar inervados por ramas colaterales del plexo braquial.

Por regla general, el músculo subescapular recibe dos ramas, mientras que los músculos dorsal ancho y redondo mayor están inervados por un tronco común. Este nervio se sitúa en el fondo de la axila y aborda al músculo dorsal ancho muy cerca de su inserción humeral.

Los músculos inspiradores (subclavio, pectorales y serrato mayor) son inervados por ramas colaterales que salen de las raíces superiores del plexo.

El *nervio del serrato mayor* o *nervio torácico largo* (fig. 415) suele formarse en las raíces C5 y C6, antes de que se reúnan en el tronco primario superior.

Los músculos pectorales son inervados por el *asa de los pectorales*, que sale de la «aleta» anterior del plexo. El músculo subclavio es inervado por una rama de la «aleta» anterior.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DEL ABRAZAMIENTO. *Sistema neuromuscular del músculo cutáneo*. Músculo coracobraquial. Músculo braquial anterior. Músculo bíceps braquial. *Nervio músculo-cutáneo. Sistemas neuromusculares de la axila en relación con el abrazamiento*. Músculo gran serrato. Músculo subescapular. Músculo redondo mayor. Músculo latísimo. Músculo subclavio. Músculo pectoral menor. Músculo pectoral mayor. PLEXO BRAQUIAL. Troncos primarios del plexo braquial. *Nervio del gran serrato. Asa de los pectorales*.

CAPÍTULO 61

SISTEMA NEUROMUSCULAR RADIAL = «APOYO»

Los sistemas neuromusculares del cubital, del mediano y del musculocutáneo determinan la pronación de la mano, la flexión de la mano a nivel del carpo, la formación de la pinza manual, la flexión de los dedos, la flexión del codo y la flexión del brazo sobre el hombro, además de otras acciones.

El sistema neuromuscular del radial es antagónico de aquellos tres y deshace la mayor parte de sus acciones, de forma que, como ya se ha dicho, contribuye a que la extremidad superior se convierta en un eje rígido, apto para el apoyo. Es, pues, el sistema neuromuscular del apoyo, y todas sus funciones que a continuación se exponen están encaminadas a favorecer esta misión.

1.ª Deshacer la pronación y colocar el antebrazo y mano en supinación

Esta acción está encomendada fundamentalmente al *músculo supinador corto* (figura 417), que ha de tomar inserciones en el hueso móvil del antebrazo, es decir, en el radio. Al contraerse tira de este hueso y lo rota. Sus inserciones fijas se encuentran en un cúbito y en el húmero. El músculo supinador corto consta de dos haces, uno profundo y otro superficial.

El *haz profundo* se inserta en el cuello del radio y en la parte superior de sus caras anterior y externa. La inserción fija, desde donde tracciona al radio, es en el epicóndilo y en una superficie triangular que hay por debajo de la cavidad sigmoidea menor del cúbito (superficie subsigmoidea).

El *haz superficial* toma inserciones en la parte superior del borde anterior del radio, y sus fibras arrolladas, al igual que las del haz profundo alrededor de este hueco, se fijan en el epicóndilo y en la cresta posterior de la superficie subsigmoidea del cúbito.

Acción supinadora puede realizar también el *músculo supinador largo* (figs. 411 y 412), que por abajo se inserta en la apófisis estiloides del radio. Por arriba el cuerpo carnoso se fija en el borde externo del húmero. La acción supinadora de este músculo solamente se manifiesta cuando el antebrazo está en pronación completa. Si el antebrazo está en supinación, la contracción del músculo origina la flexión del codo.

2.ª Deshacer la flexión de la mano y colocarla en extensión

Esta acción es obra de tres músculos largos, cuyos tendones inferiores se fijan en la cara dorsal de la base de los metacarpianos segundo, tercero y quinto. Dos de estos músculos se sitúan en el lado externo o radial del antebrazo, y el tercero en su lado cubital.

De los dos externos, el que se inserta en el segundo metacarpiano es el *músculo primer radial* (fig. 417), que por arriba se fija en el borde externo del húmero (bajo la inserción del supinador largo) y en el epicóndilo.

El otro es el *músculo segundo radial* (fi-

gura 417). La inserción del tendón inferior del segundo radial en la cara posterior de la base del tercer metacarpiano determina la formación de una apófisis estiloides. Por arriba el músculo se inserta en el epicóndilo.

Los músculos supinador largo y radiales forman la masa muscular de la región anteroexterna del antebrazo. El más superficial es el músculo supinador largo; el más profundo el segundo radial.

La parte superior de esta masa está separada del bíceps y del braquial anterior por un profundo surco. Es el *surco bicipital externo* o canal externo de la flexura del codo (fig. 412).

El extensor de la mano, que se sitúa en el lado cubital del antebrazo, es el *cubital posterior,* cuyo estudio se hace más adelante.

3.ª Deshacer la pinza

A) *Actuando sobre el pulgar,* al que hay, en primer lugar, que separar y después extender.

La primera de estas acciones está encomendada al *músculo separador largo del pulgar* (fig. 417), cuyo tendón se inserta en el lado externo de la base del primer metacarpiano. El cuerpo muscular se dirige hacia arriba y adentro para insertarse en las caras posteriores del radio, de la membrana interósea y del cúbito.

El pulgar es extendido por dos músculos. Uno de ellos es el *músculo extensor corto del pulgar* (fig. 417), que por abajo se fija en la parte posterior de la base de la primera falange. El tendón continúa hacia arriba y adentro, yuxtapuesto al del separador largo, y su cuerpo carnoso se fija en las caras posteriores del radio y de la membrana interósea, inmediatamente por debajo del separador largo.

El otro es el *músculo extensor largo del pulgar* (fig. 417), el cual actúa sobre la falange distal, en cuya cara dorsal se inserta por medio de un tendón. Éste se dirige hacia arriba y adentro, y el cuerpo muscular que le continúa se inserta en la membrana interósea y en la cara posterior del cúbito.

B) *Actuando sobre la otra rama de la pinza,* concretamente sobre el dedo índice, al que extiende por medio del *músculo extensor propio del índice* (fig. 417). El tendón inferior de este músculo se adosa al correspondiente del extensor común (que luego se estudiará). Por arriba el músculo se inserta en la cara posterior del cúbito y en la parte contigua de la membrana interósea.

Los músculos supinador corto, separador largo del pulgar, extensor corto del pulgar, extensor largo del pulgar y extensor propio del índice están situados en el plano profundo de la región posterior del antebrazo y cubiertos por un plano superficial aún no estudiado.

Los tendones de los músculos mencionados excavan *canales en la extremidad inferior del radio.* Así, los tendones de los músculos separador largo y extensor corto del pulgar excavan un canal en la cara externa de esta extremidad. El tendón del músculo extensor largo del pulgar está contenido en un canal, situado en la cara posterior de la extremidad inferior del radio. Por dentro del último canal, y también en la cara posterior de dicha extremidad, hay otro en el que está contenido el tendón del extensor propio del índice y los tendones del extensor común.

Al contraerse los músculos separador largo y extensor corto del pulgar, por una parte, y por otra, el músculo extensor largo del pulgar, sus tendones resaltan sobre la piel de la parte posteroexterna de la muñeca, en donde se forma una especie de fosa elíptica, que ha recibido la denominación clásica de *tabaquera anatómica* (fig. 417). En el fondo de esta tabaquera se encuentran los tendones de los músculos radiales, los cuales también excavan un canal en la cara externa de la extremidad inferior del radio. Este canal se sitúa entre el canal común de los músculos separador largo y extensor corto del pulgar y el canal del tendón del extensor largo del pulgar.

4.ª Deshacer la flexión de las falanges de los dedos y colocar éstos en extensión

Hay un músculo que extiende los cuatro últimos dedos, es decir, un *músculo extensor común de los dedos* (fig. 418). Sus tendones se fijan en la cara posterior de las tres falanges de cada dedo. Luego confluyen hacia el carpo y excavan un canal en la parte interna de la cara posterior de la extremidad inferior del radio (canal común con el tendón del extensor propio del índice). Los tendones se continúan con cuatro haces carnosos, que

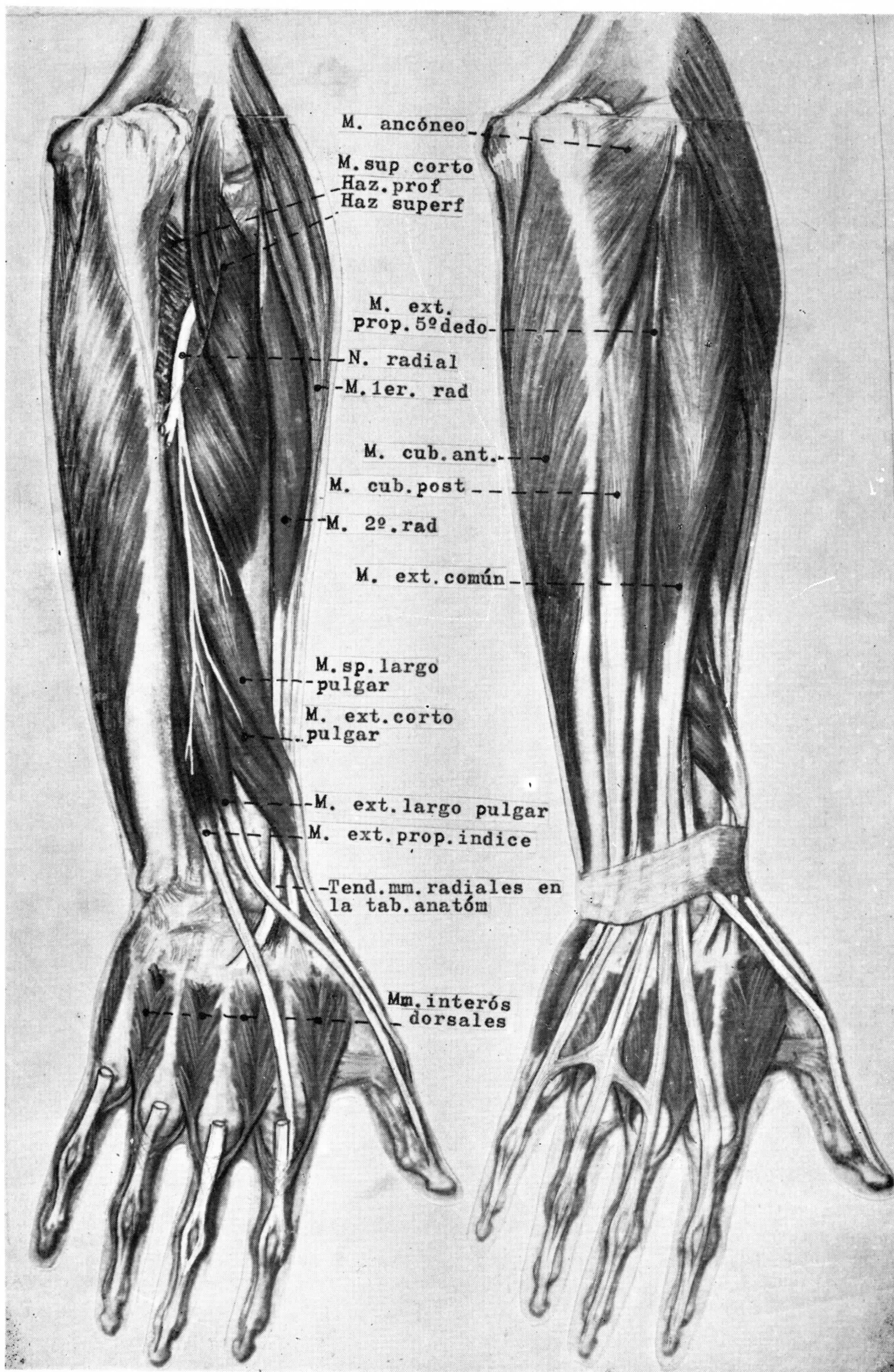


FIG. 417

FIG. 418

más arriba forman un cuerpo muscular, el cual se inserta en el epicóndilo.

Aún existe un *músculo extensor propio del quinto dedo* (fig. 418), cuyo tendón está adosado al correspondiente del extensor común. Asciende por el carpo, pasa por la interlínea radiocubital y se continúa con un vientre carnoso, muy alargado, que está aplicado al borde interno del extensor común. Por arriba, el músculo se inserta en el epicóndilo.

La extensión de los dedos requiere, pues, la acción de muchos músculos. El pulgar tiene dos extensores (extensor corto y extensor largo). Los cuatro últimos dedos son extendidos por un músculo común (extensor común), y dos de aquéllos, el índice y el meñique, tienen además extensor propio.

La contracción intensa del músculo extensor común determina no sólo la extensión de los dedos, sino además la extensión de éstos sobre los metacarpianos e, incluso, la extensión de la mano a nivel de la muñeca.

Como ya se ha dicho, hay músculos que tienen la función específica de extender la mano sobre el antebrazo. En el lado externo han sido estudiados los dos músculos radiales. En el lado interno, y con esta misión extensora, existe el *músculo cubital posterior* (fig. 418), cuyo tendón inferior se inserta en el tubérculo interno de la base del quinto metacarpiano, asciende y excava un canal en la cabeza del cúbito, por fuera de su apófisis estiloides (canal retroestiloideo). El tendón se continúa con un cuerpo carnoso que se inserta en el borde posterior del cúbito y en el epicóndilo.

La contracción de los músculos radiales origina la extensión de la mano, pero además la separan. La contracción del músculo cubital posterior extiende y aproxima la mano.

←

FIG. 417. — Sistema neuromuscular del radial a nivel del antebrazo. Plano profundo.
FIG. 418. — Sistema neuromuscular del radial a nivel del antebrazo. Plano superficial.

5.ª Deshacer la flexión del antebrazo

Los músculos que deshacen la flexión del antebrazo, y por lo tanto extienden el codo, por abajo se insertan en el olécranon, puesto que su acción ha de ser sobre la articulación humerocubital.

Uno de estos músculos recibe el nombre de *músculo ancóneo* (fig. 418). Es pequeño y por abajo se fija en la cara externa del olécranon y en la parte alta de la cara posterior del cúbito. Por arriba se inserta en el epicóndilo.

Los músculos extensor común de los dedos, extensor propio del meñique, cubital posterior y ancóneo forman el plano superficial de la región posterior del antebrazo.

Pero el más importante músculo extensor del codo es el *músculo tríceps braquial* (figura 419), llamado así porque tiene tres cuerpos musculares. Su tendón inferior, muy fuerte, se inserta, al igual que el ancóneo, en el olécranon.

Por arriba, el músculo tríceps se continúa con tres potentes cuerpos musculares.

Uno de ellos, el *vasto interno*, toma amplia inserción en toda la superficie de la cara posterior del húmero que está situada por debajo y por dentro de un canal que tiene este hueso, al que los antiguos denominaban canal de torsión del húmero, pero en la actualidad se llama canal del radial, porque por él pasa este nervio.

Un segundo cuerpo carnoso, el *vasto externo*, se inserta en una superficie alargada de la cara posterior del húmero, situada por encima y por fuera del citado canal del radial.

Por último, la tercera porción del tríceps, llamada *porción larga*, se fija en la escápula (en una superficie que hay bajo la cavidad glenoidea) y en la parte inferior del rodete glenoideo (fig. 420).

Las tres porciones del tríceps, cuando se contraen, tiran de su tendón inferior y extienden el antebrazo sobre el brazo.

La porción larga del tríceps es la única que puede actuar también sobre la articulación escapulohumeral. Además de extender el codo, la porción larga del tríceps aproxima el miembro superior al tronco.

La porción larga del tríceps pasa por detrás del músculo redondo mayor, y con éste y el húmero limita el *triángulo húmero-tricipital* (fig. 420). Este espacio tiene los siguientes límites: superior, el músculo redondo mayor; interno, la porción larga del tríceps; externo, el húmero.

El nervio que define a este sistema neuromuscular es el *nervio radial*, que es una rama terminal de la «aleta» posterior del plexo braquial.

El nervio radial desciende oblicuamente hacia abajo y pasa por el triángulo humerotricipital (fig. 420). Más abajo, se introduce en el canal del radial del húmero, canal que el vasto externo convierte en conducto.

A la salida de este canal (fig. 419), el nervio radial recorre el fondo del surco bicipital externo de la flexura del codo y, después, se introduce entre los dos haces del músculo supinador corto.

Rebasado el borde inferior de este músculo, el nervio radial se encuentra emparedado entre los planos musculares profundo y superficial de la región posterior del antebrazo (figura 417).

A este nivel, el nervio da ramitas que inervan a los músculos profundos (separador largo del pulgar, extensor corto del pulgar, extensor largo del pulgar y extensor propio del índice) y a todos los superficiales, con excepción del ancóneo (extensor común de los dedos, extensor propio del meñique y cubital posterior).

En el surco bicipital externo, el nervio radial envía ramas a los músculos supinador largo, primer radial y segundo radial.

En el canal del radial, el nervio envía una ramita al vasto externo y otra al vasto interno y ancóneo (nervio del vasto interno y del ancóneo).

En la parte más alta del triángulo humerotricipital, el nervio radial desprende una ramita para la porción larga del tríceps, y otra para el vasto interno. y otra para el vasto interno. Este último recibe, pues, dos ramas nerviosas a distintos niveles.

Casi todas las acciones del sistema neuromuscular del radial contribuyen, como ya se ha dicho, a disponer a la extremidad superior para el apoyo.

Así, la extensión del codo hace que el antebrazo esté en continuidad directa con el brazo. Con ello el peso se transmite desde éste a aquél, y a su vez sobre la cara palmar del carpo, que es sobre el que recae el peso.

La mano descansa por su palma sobre el plano de apoyo (fig. 402). Esta postura puede lograrse merced a la extensión de la mano sobre el antebrazo, y a la extensión de los dedos.

Obsérvese que un gran número de los músculos del sistema tienen su inserción superior en el epicóndilo, y que todos los músculos epicondíleos están inervados por el radial. Los *músculos epicondíleos* son: supinador corto, primero y segundo radiales, extensor común de los dedos, extensor propio del meñique, cubital posterior y ancóneo.

La nomenclatura moderna tiende a corregir algunos defectos de expresión de la clásica y a puntualizar ciertos matices funcionales.

Esta aclaración se hace a propósito de algunos músculos del sistema del radial, aunque es válida para otros, e incluso para todos los elementos anatómicos. Por ello es conveniente que el lector contraste en todo momento el término de cualquier elemento anatómico de los que aparecen en el texto con el correspondiente de la nómina anatómica de Nueva York (1960).

Así, en la nomenclatura moderna el término de supinador se reserva para el músculo supinador corto, al que se le denomina músculo supinador, pues esta función es lo más característico.

Por el contrario, la supinación no es el rasgo más sobresaliente del músculo supinador largo, el cual tan sólo supina cuando el antebrazo está muy pronado, pues en los otros casos es flexor del antebrazo. El término moderno es el de músculo braquiorradial, que expresa su situación e inserciones.

A los músculos radiales y al cubital posterior se les designa con términos que indican su función y su posición (externa o interna) en el antebrazo. Se les denomina músculo extensor largo radial del carpo (primer radial), músculo extensor corto radial del carpo (segundo radial) y extensor cubital del carpo (cubital posterior).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL RADIAL = APOYO. Músculo supinador corto. Músculo supinador largo. Músculos radiales. *Músculos que deshacen la pinza.* Músculo separador largo del pulgar. Músculos extensor corto y extensor largo del pulgar. Músculo extensor propio del índice. Músculo extensor común. Músculo extensor propio del meñique. Músculo cubital superior. Músculo ancóneo. Músculo tríceps braquial. Triángulo humerotricipital. Tabaquera anatómica. *Nervio radial.*

CAPÍTULO 62

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DEL CORACOIDEO Y DEL CIRCUNFLEJO = LA «TREPA»

Como sistemas neuromusculares del abrazamiento se han estudiado el del musculocutáneo y los de las ramas colaterales del plexo braquial. Recuérdese que estos sistemas neuromusculares originan la flexión del codo, la flexión del brazo, la aproximación y la rotación interna del mismo y la proyección hacia adelante del muñón del hombro. Todas estas acciones colocan a la extremidad superior en posición extrema de abrazamiento.

Los sistemas neuromusculares antagónicos originan acciones opuestas y deshacen, por lo tanto, el abrazamiento. Así, el sistema neuromuscular del radial, últimamente estudiado, extiende el codo por contracción de sus músculos ancóneo y tríceps braquial. Pero sobre la articulación escapulohumeral, el único músculo de este sistema que actúa es la porción larga del tríceps, la cual contribuye a aproximar el miembro superior.

Han de existir otros sistemas antagónicos a los del abrazamiento, que actúen sobre todo en la articulación escapulohumeral. Son los sistemas neuromusculares del supraescapular y del coracoideo, cuyas misiones fundamentales son la separación del brazo, con lo cual éste se eleva, y la rotación externa del mismo.

Estos dos sistemas neuromusculares comprenden cuatro músculos, tres de los cuales se insertan escalonadamente en el troquiter y el otro toma inserción en la cara externa del húmero. Los cuatro músculos movilizan, pues, al húmero desde sus inserciones fijas en los huesos de la cintura escapular, fundamentalmente en la escápula.

El SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL SUPRAESCAPULAR comprende dos músculos, de los cuales uno es separador o elevador del brazo y el otro es rotador externo del mismo.

El músculo separador se inserta por medio de un tendón en la faceta superior del troquíter. A este tendón continúan fibras musculares que se fijan en los dos tercios internos de la fosa supraespinosa de la escápula. Recibe el nombre de *músculo supraespinoso* (figs. 419 y 420).

Desde sus inserciones en la escápula, el músculo supraespinoso, al contraerse, puede elevar el brazo y, por lo tanto, separarlo del tronco. Su tendón contribuye a mantener unidas las superficies articulares de la articulación escapulohumeral. El tendón es, pues, un ligamento activo de dicha articulación.

El otro músculo, denominado *músculo infraespinoso* (figs. 419 y 420), tiene un tendón que se inserta en la carilla media del troquiter. El vientre carnoso, que continúa al tendón, toda inserción en los dos tercios internos de la fosa infraespinosa. El tendón es también un ligamento activo que contribuye a aplicar la cabeza humeral a la cavidad gle-

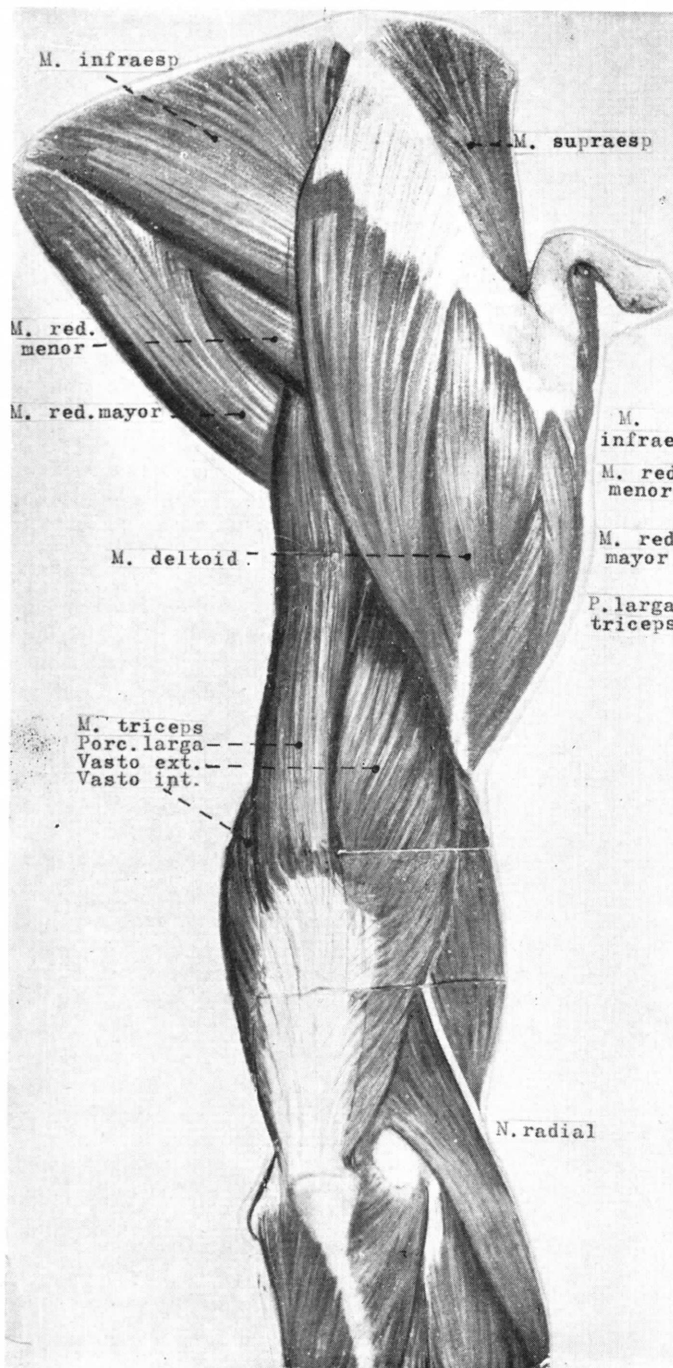


FIG. 419. — Sistema neuromuscular del radial a nivel del brazo. Obsérvense también los músculos posteriores de la raíz del miembro.

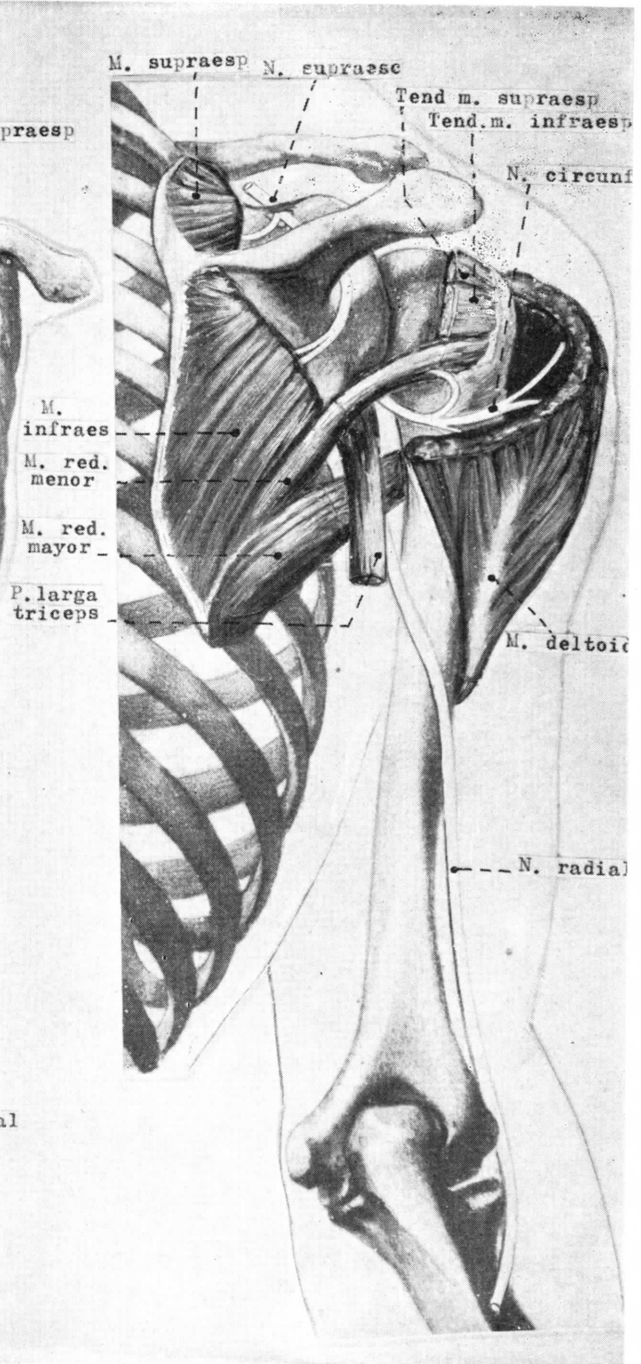


FIG. 420. — Sistemas neuromusculares del supraescapular y del circunflejo. Véase el triángulo humerotricipital. El cuadrilátero humerotricipital. El triángulo omotricipital.

noidea. Es el músculo más importante en la rotación externa del miembro superior.

Los músculos supraespinosos e infraespinosos están inervados por el NERVIO SUPRAESCAPULAR (fig. 420), rama colateral posterior del plexo braquial. Nace de la rama posterior del tronco primario superior y pasa a la cara posterior de la escápula por la escotadura coracoidea, convertida en orificio por el ligamento coracoideo, que salta de un extremo a otro de la escotadura. El nervio supraescapular desciende a la fosa infraespinosa, aplicado al borde externo de la espina de la escápula, y está cubierto por los dos músculos que constituyen su sistema.

El SISTEMA NEUROMUSCULAR DEL CIRCUNFLEJO comprende también dos músculos, cuyas acciones son las mismas que las del sistema del coracoideo.

Con el fin de rotar el miembro hacia afuera, contribuyendo con ello a deshacer el abrazamiento, existe el *músculo redondo menor* (figs. 419 y 420). Su tendón externo, verdadero ligamento activo de la articulación escapulohumeral, está inserto en la carilla inferior del troquíter. El cuerpo carnoso, que continúa al tendón, se inserta en una superficie ósea estrecha de la cara posterior de la escápula, contigua a la mitad superior del borde externo del hueso.

El músculo separador por excelencia del miembro superior es el *deltoides* (figs. 416, 419 y 420), cuyo tendón inferior se inserta en la cara externa del húmero, un poco por encima de su parte media, y en el borde anterior de este hueso. El tendón determina una rugosidad ósea, llamada «V» deltoidea. Su inserción fija es muy amplia: borde inferior de la espina de la escápula, borde externo del acromion y mitad externa del borde anterior de la clavícula.

El deltoides se compone de muchos fascículos a modo de columnas (disposición semejante a la del músculo glúteo mayor), que desde sus inserciones superiores confluyen hacia la «V» deltoidea. El músculo forma el muñón del hombro.

Los músculos redondos menor y deltoides están inervados por el NERVIO CIRCUNFLEJO (fig. 420), una de las ramas terminales de la «aleta» posterior del plexo braquial. El nervio circunflejo contornea el cuello quirúrgico del húmero.

Las acciones de los sistemas neuromusculares del supraescapular y del circunflejo se complementan, pero el primero se especializa más en la rotación externa del brazo, mientras que el segundo es sobre todo separador del mismo.

En efecto, el músculo rotador del brazo de más potencia es el infraespinoso, inervado por el supraescapular. El redondo menor, inervado por el circunflejo, es también rotador externo, pero tiene escasa potencia.

Por el contrario, la separación del brazo es causada fundamentalmente por la contracción del potente músculo deltoides, inervado por el circunflejo. La parálisis de este músculo, aun estando sano el supraespinoso (el otro músculo separador), imposibilita la separación del brazo y consecuente elevación del mismo.

Por otra parte, el músculo deltoides matiza la elevación del brazo, bien hacia adelante (contracción de las fibras anteriores o claviculares), bien hacia atrás (contracción de las fibras acromiales y espinales) o bien directamente hacia afuera (contracción de todas las fibras).

La elevación del brazo tiene un límite, representado por el techo de la articulación escapulohumeral, o sea, el ligamento coracoacromial. Por ello, si la escápula está fija, la elevación del miembro superior no pasa de la horizontal. La elevación del brazo más allá de la horizontal requiere la contracción del músculo trapecio, que hace bascular la escápula, de modo tal que el ángulo inferior se dirige hacia afuera, con lo que la cavidad glenoidea mira hacia arriba.

Interés topográfico tienen unos espacios que están limitados por los músculos redondos, por el húmero y por la porción larga del tríceps.

Uno de ellos es el *cuadrilátero humerotricipital* (fig. 420), cuyos límites son: por arriba, el músculo redondo menor; por abajo, el redondo mayor; por fuera, el húmero; por dentro, la porción larga del tríceps. El nervio circunflejo pasa por este cuadrilátero (y también la arteria circunfleja posterior).

Otro de estos espacios es el *triángulo omotricipital* (fig. 420), cuyos límites superior e inferior son, respectivamente, el músculo redondo menor y el músculo redondo mayor. Su límite interno es la escápula (=omoplato). Su límite externo es la porción larga de tríceps. Por este triángulo pasa una arteria aún no estudiada (la escapular inferior).

El tercer espacio es el *triángulo humerotricipital* (fig. 420), por donde pasa el nervio radial (y la arteria humeral profunda). Este espacio ha sido ya estudiado.

Como ya se ha hecho constar en varias ocasiones y al estudiar la articulación escapulohumeral, los tendones periarticulares de esta articulación son verdaderos ligamentos activos. Mantienen unidas las superficies articulares.

Esto se recuerda aquí porque precisamente los tendones de tres de los músculos estudiados en este capítulo son periarticulares y, en consecuencia, ligamentos activos de la articulación. Son los tres que se insertan en el troquíter (los tendones de los músculos supraespinoso, infraespinoso y redondo menor).

El tendón que se inserta en el troquín, o sea, el del músculo subescapular, es también periarticular. Y también lo es el tendón de la porción larga del tríceps.

Con el fin de evitar el roce de estos tendones con las superficies óseas, existen algunas *bolsas serosas*. Así, el tendón largo del bíceps está rodeado de una bolsa que evita su roce con las paredes de la corredera bicipital. Por detrás del tendón del subescapular, entre él y la cápsula articular, hay otra bolsa serosa. A veces existe una para el tendón del músculo infraespinoso.

Además de estas bolsas, en relación directa con los tendones, hay otra que se sitúa bajo el techo de la articulación (bolsa subdeltoidea) y otra que está cerca de la base de la apófisis coracoides (bolsa subcoracoidea).

Algunas de estas bolsas comunican con la cavidad articular.

SISTEMAS NEUROMUSCULARES RELACIONADOS CON EL ACTO DE TREPAR

A cada uno de los sistemas neuromusculares se le ha asignado un papel en determinado o determinados actos. Así, el sistema neuromuscular del cubital se ha dicho que es el fundamental en el acto de empuñar. El del mediano pone en marcha el mecanismo de la pinza manual y, junto con el del cubital, interviene en la formación del puño y en la aprehensión de eje transverso. El abrazamiento es obra del sistema neuromuscular del músculocutáneo y de músculos inervados por gran parte de ramas colaterales del plexo braquial.

Antagónicos de estos sistemas neuromusculares son los del radial (que deshace las acciones de los sistemas neuromusculares del cubital y del mediano y extiende el codo, todo lo cual lo convierte en el sistema para el apoyo de la extremidad superior) y los del supraescapular y circunflejo (que deshacen el abrazamiento a nivel de la articulación escapulohumeral).

Hay un acto que no ha sido estudiado y en el que juega un papel importantísimo la extremidad superior, ayudada por músculos del retrosoma. Es el acto de trepar. Dentro de este acto, vamos a referirnos a una modalidad de la trepa, a la que vulgarmente se denomina «levantarse a pulso», pues es más fácil de esquematizar y, por tanto, de desglosar. Al mismo tiempo, ello servirá para repasar las acciones de muchos músculos.

Como acción preparatoria, el cuerpo está en posición erecta, tanto el tronco por la contracción de los músculos propios del retrosoma como la extremidad inferior por acción de los sistemas neuromusculares enderezadores. La contracción de los músculos de la nuca ocasiona la extensión de la cabeza con la mirada dirigida al objeto (barra fija, trapecio, aros, etc.) que se ha de asir.

Después de esta acción preparatoria, comienza propiamente la trepa, que desglosada se caracteriza por:

1.° Elevación de las extremidades superiores

En esta acción interviene la contracción del músculo deltoides (sistema neuromuscular del circunflejo) y del supraespinoso (del supraescapular), que elevan el miembro hasta la horizontal.

La contracción del músculo trapecio (nervio espinal) hace bascular la escápula y se consigue que la extremidad rebase aquel límite.

Elevadas las extremidades, las manos pueden asir el objeto, que le sirve de punto de apoyo. Se trata de una aprehensión de eje transverso, de gran fuerza, en la que intervienen los sistemas neuromusculares del cubital y del mediano, aunque con más participación de este último, sobre todo por la necesaria contracción del músculo flexor común superficial de los dedos, que da fuerza a las falanges medias.

2.° Elevación del tronco

La elevación del tronco resulta de la flexión del antebrazo sobre el brazo y de la aproximación del tronco al brazo.

En la flexión del antebrazo juega un papel primordial el sistema neuromuscular del músculocutáneo (contracción de los músculos braquial anterior y bíceps braquial) y algo el del radial (contracción del supinador largo).

La aproximación del tronco al brazo es la propiamente elevadora del cuerpo, pero precisa la flexión del antebrazo. Dicha aproximación resulta de la contracción de músculos, que cuando el individuo está de pie, mueven el húmero, pero si está suspendido toman su punto fijo en este hueso y tiran del tronco. Esta acción resulta de la contrac-

ción de los músculos dorsal ancho y redondo mayor (inervados por un tronco común que nace como rama colateral posterior del plexo braquial), ayudados por otros (por ejemplo, la porción larga del tríceps braquial).

La eficacia de la contracción de los músculos dorsal ancho y redondo mayor, cuando tiran desde el húmero, precisan también la fijación de la escápula. Esta fijación se consigue por la contracción de los músculos que se insertan en su borde espinal y en el ángulo superior.

Son los músculos elevador de la cápsula y romboides, inervados por el nervio que lleva su nombre (nervio del angular y del romboides, llamado en nómina actual nervio dorsal de la escápula), que es una rama colateral posterior del plexo braquial que nace muy alta (C5 e incluso a veces del C4).

3.º Abrazamiento

La elevación se mantiene y aun se acentúa por músculos que actúan sobre la articulación escapulohumeral y sobre la esternoclavicular y ponen en marcha el mecanismo del abrazamiento.

En primer lugar, hay una rotación interna del húmero (por contracción del músculo subescapular, inervado por dos ramas colaterales del plexo braquial). La flexión del codo se acentúa (sistema del músculo-cutáneo). La escápula es desplazada hacia adelante (por contracción del músculo serrato, inervado también por una rama colateral posterior del plexo braquial), con lo cual el muñón del hombro se proyecta hacia adelante. Esta proyección, que amplía el abrazamiento, se favorece por la contracción de músculos que traccionan de los huesos de la cintura escapular (subclavio y pectoral menor) y de la parte alta del húmero (pectoral mayor).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

SISTEMAS NEUROMUSCULARES DEL CORACOIDEO Y DEL CIRCUNFLEJO = ACTITUD PREVIA DE LA TREPA. Músculo supraespinoso. Músculo infraespinoso. *Nervio supraescapular o coracoideo*. Músculo redondo menor. Músculo deltoides. *Nervio circunflejo*. Cuadrilátero humerotricipital. Triángulo omotricipital. LA TREPA. Fase previa o elevación de las extremidades superiores. Fase de elevación del tronco. Fase de fijación o abrazamiento.

CAPÍTULO 63

ARTERIAS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR. PARTE PROXIMAL: TRONCOS, AXILAR, HUMERAL Y RAMAS DE DISTRIBUCIÓN

El sistema arterial del miembro superior, al igual que en otras partes del organismo, nutre a todos sus elementos.

Se caracteriza porque los grandes troncos arteriales suelen disponerse satélites de los nervios de los sistemas neuromusculares, y porque con gran frecuencia se crean circuitos arteriales, a los que llevan sangre varias arterias, con lo cual se asegura el aporte sanguíneo en zonas críticas.

El tronco arterial de origen, que apunta hacia el esbozo del miembro superior, es la arteria subclavia.

La arteria subclavia procede a cada lado del correspondiente cuarto arco aórtico. A lo largo del desarrollo, el cuarto arco aórtico izquierdo se hipertrofia y forma en el adulto el cayado de la aorta. De ello resulta que la arteria subclavia izquierda del adulto nace directamente de aquel cayado.

La mitad derecha del cuarto arco aórtico queda como un tronco común para la arteria carótida y para la subclavia derechas. Este tronco común, denominado tronco arterial braquiocefálico, nace directamente del cayado aórtico adulto.

DESARROLLO EMBRIONARIO

La disposición que el sistema arterial adopta en el adulto no es la misma que la que tiene durante el desarrollo embrionario, debido a que el sistema arterial está siempre supeditado a las necesidades funcionales de cada instante evolutivo.

Sin embargo, la disposición adulta del sistema arterial de la extremidad superior tan sólo llega a comprenderse tras el estudio de las más importantes fases embrionarias.

En una fase muy precoz, cuando el miembro es un simple mamelón en el que no se diferencian partes, se observan capilares sanguíneos que acompañan en su emigración al material formativo y son satélites de las ramitas nerviosas.

Muy pronto destaca un tronco arterial que sigue el eje del miembro.

Esta arteria axial es la *arteria braquial,* que en el antebrazo se continúa como *arteria interósea,* de la cual depende el plexo arterial destinado a los dedos (fig. 421).

Cuando los sistemas neuromusculares se esbozan, hay ya nuevas necesidades de aporte sanguíneo. Así, para el sistema neuromuscular del mediano se origina la *arteria mediana,* que nace de la interósea. Con ello, la parte distal de esta última se atrofia, y el *plexo digital* pasa a ser una dependencia de la arteria mediana (fig. 422).

Casi simultáneamente, los sistemas neuromusculares del cubital y del radial, ya esbozados, precisan la formación de las *arterias cubital* y *radial,* respectivamente, que nacen de la arteria braquial.

Las arterias cubital y radial descienden por el antebrazo, pero no en posición axial, sino por el lado interno la primera y por el externo la segunda.

FIG. 421 FIG. 422 FIG. 423

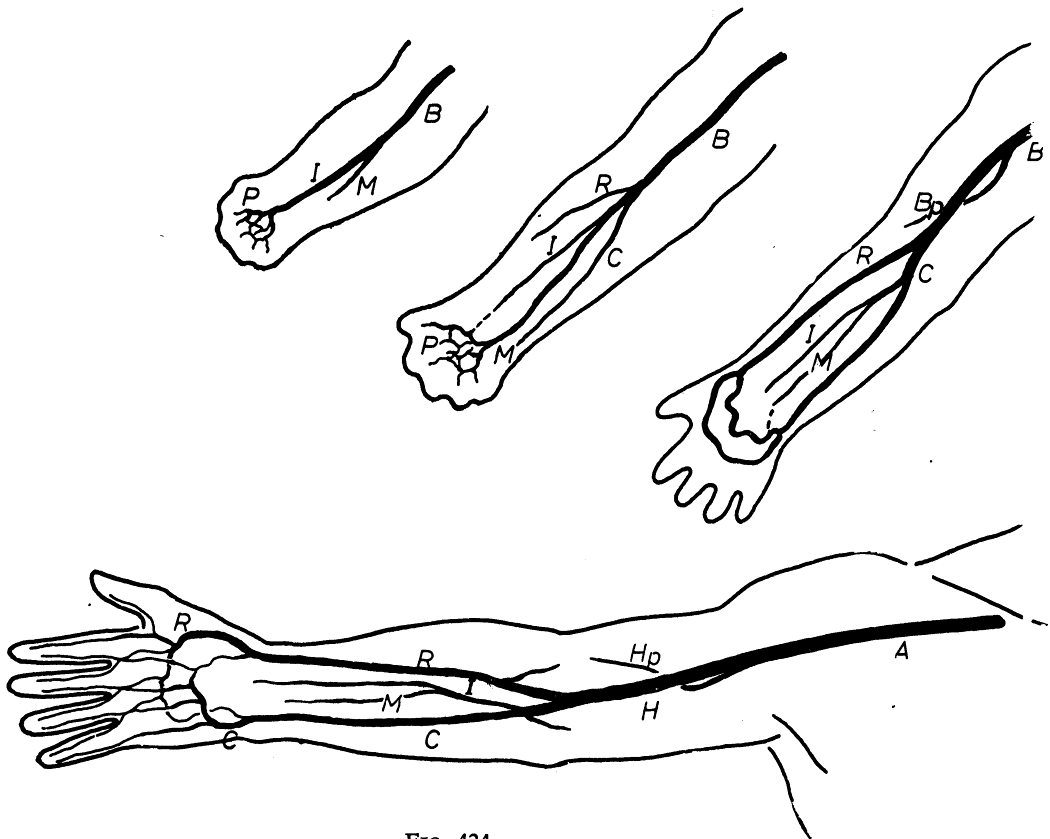


FIG. 424

FIGS. 421 a 423. — Desarrollo embrionario del sistema arterial del miembro superior.
FIG. 424. — Esquema de la disposición arterial en el miembro superior del adulto.
ABREVIATURAS COMUNES: Arteria braquial (A y B), que en el adulto es arteria axilar (A) y arteria humeral (H). — Arteria braquial profunda (Bp), que en el adulto recibe el nombre de arteria humeral profunda (Hp). — Arteria interósea (I). — Arteria mediana (M). — Arteria cubital (C). — Arteria radial (R). — Plexo digital (P).

Estas arterias adquieren gran predominio sobre las otras del antebrazo. La atrofia distal que sufre la arteria mediana origina que el plexo digital pase a ser una dependencia de las arterias cubital y radial. Pero en esta fase el plexo digital ha evolucionado. No es propiamente un plexo, sino que ya hay arterias digitales que se originan de arcos anastomóticos (los arcos palmares), que unen las partes distales de las arterias cubital y radial (fig. 423).

El predominio de estas arterias y su consecuente hipertrofia son la causa de que en el antebrazo el sistema arterial del adulto no sea ya un tronco axial.

Como el destino principal de la arteria radial (y también de la cubital) es llevar sangre a los dedos, el sistema neuromuscular del radial corre peligro de quedar exangüe. Para evitarlo, la arteria braquial emite la *braquial profunda,* que irriga una parte del sistema (músculo tríceps). La parte del sistema que se sitúa en la región posterior del antebrazo es nutrido por una rama de la interósea.

A grandes rasgos se perfila, pues, la disposición del sistema arterial de la extremidad superior del adulto (fig. 424). La arteria braquial, que continúa a la subclavia, se denomina en un primer trayecto (trayecto axilar) arteria axilar, y la parte distal es la arteria humeral.

Ésta, al llegar a la flexura, se continúa hacia afuera con la arteria radial y hacia adentro con la cubital.

En la palma de la mano las dos últimas arterias forman los arcos palmares en donde nacen las arterias digitales.

La arteria braquial profunda se denomina en el adulto arteria humeral profunda y sale de la humeral.

Las arterias interóseas y mediana son ramas de la cubital.

Las variedades del sistema arterial, tan numerosas y frecuentes, casi siempre se pueden explicar por una variación en el desarrollo.

ARTERIAS DE LA PARTE PROXIMAL DEL MIEMBRO SUPERIOR

Arteria axilar

Es la continuación de la arteria subclavia. Ésta cambia precisamente el nombre de subclavia por el de ARTERIA AXILAR (fig. 425) al pasar por el vértice de la axila.

La arteria axilar recorre el llamado hueco de la axila.

El *hueco de la axila* tiene forma de pirámide cuadrangular.

Su pared posterior está constituida por los músculos subescapular, redondo mayor y dorsal ancho.

La pared interna está formada por el músculo serrato mayor.

La pared externa está representada por los músculos coracobraquial y por la porción corta del bíceps braquial.

La pared anterior, en realidad es una doble pared; el plano profundo está formado por los músculos subclavio y pectoral menor (con la aponeurosis clavipectoroaxilar); el plano superficial, por el músculo pectoral mayor.

El vértice del hueso axilar, por donde penetra la arteria axilar, está formado por la clavícula, la primera costilla y el borde superior de la escápula.

La base de la región axilar es un plano aponeurótico y la piel, la cual se extiende entre el brazo y la pared lateral del tórax.

La arteria axilar está comprendida entre las «aletas» anterior y posterior del plexo braquial. Da ramas que están destinadas a irrigar a los sistemas neuromusculares y al sustrato osteoarticular de la raíz del miembro.

Estas ramas son (fig. 425):

La *arteria acromiotorácica* nace a nivel del asa de los pectorales. Por su *rama torácica* se dispone satélite del asa y se encarga de irrigar a los músculos pectorales. Su *rama acromial* se dirige hacia fuera (hacia el acromion) e irriga la articulación del hombro.

La *arteria mamaria externa* se encarga de irrigar el músculo serrato mayor, es decir, la pared interna de la axila. Por lo tanto, es satélite del nervio del serrato o nervio torácico largo.

Con frecuencia existe más de una arteria mamaria externa. Como tal puede considerarse una muy constante, la *arteria torácica superior*, que nace de la parte más alta de la axilar.

Para irrigar a los músculos que forman la pared posterior de la axila, es decir, a los músculos subescapular, redondo mayor y dorsal ancho (recuérdese que a veces los dos últimos están inervados por un solo nervio), existe la *arteria escapular inferior*. Ésta, además de la rama para los músculos de la pared posterior de la axila, da una *rama escapular* que atraviesa el triángulo omotricipital (fig. 426).

El nervio circunflejo tiene como satélite la *arteria circunfleja posterior*, que juntos atraviesan el cuadrilátero humerotricipital e irriga al deltoides (fig. 426).

La *arteria circunfleja anterior* nace a la misma altura que la posterior. Se dirige hacia afuera y contornea por delante al cuello quirúrgico del húmero. En su trayecto desprende una rama que se dirige hacia arriba, introducida en la corredera bicipital, para irrigar a la articulación escapulohumeral.

Las arterias circunflejas, que a veces nacen de un tronco común, se anastomosan entre sí y forman un circuito alrededor del cuello quirúrgico del húmero.

Los circuitos arteriales son muy abundantes.

Uno muy importante es el *circuito arterial*

periescapular (fig. 426) al que aportan sangre tres arterias escapulares.

1.ª La *escapular inferior* (figs. 425 y 426), que nace de la axilar. Su rama escapular atraviesa el triángulo omotricipital y se divide en una rama ascendente y otra descendente. La ascendente se anastomosa con una rama de la arteria escapular superior, nacida de la subclavia.

2.ª La *arteria escapular superior* (figs. 425 y 426) es satélite del nervio supraescapular. Alcanza la región escapular pasando por encima del nervio, del que está separado por el ligamento coracoideo. Esta arteria da ramas a los músculos supraespinoso e infraespinoso.

3.ª El circuito arterial de la escápula queda completado con la *arteria escapular posterior* (figs. 425 y 426), rama también de la subclavia que alcanza el ángulo superior de la escápula, a lo largo de cuyo borde interno desciende. Esta arteria está cubierta por los músculos elevador de la escápula y romboides. Por medio de una rama alta se anastomosa con la escapular superior y por medio de ramas inferiores, a lo largo del borde espinal de la escápula, se anastomosa con ramitas de la escapular inferior.

Arteria humeral

La arteria axilar desciende, como ya se ha dicho, por la axila, y al llegar al borde inferior del músculo pectoral mayor cambia su nombre por el de ARTERIA HUMERAL (fig. 425).

La arteria humerál es satélite del nervio

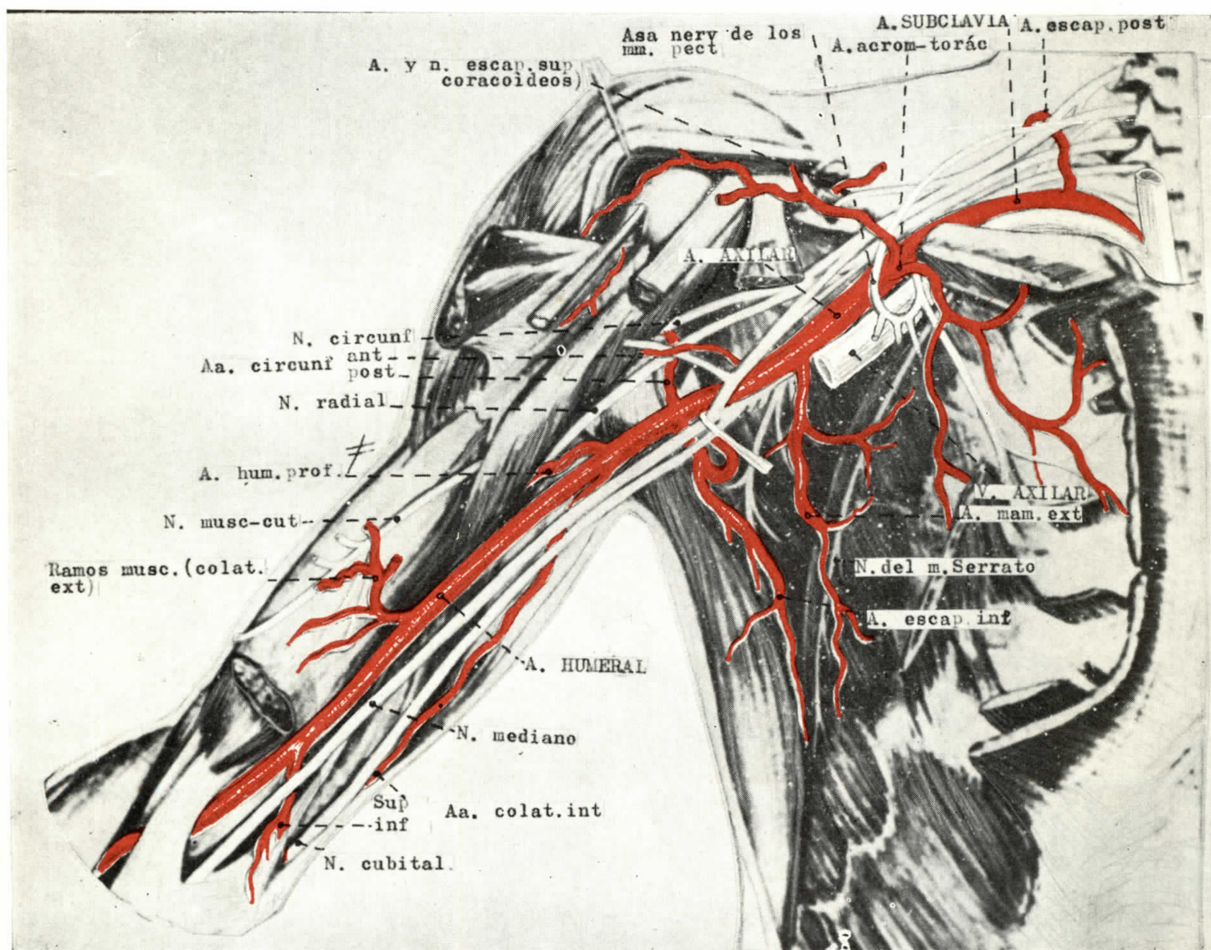


FIG. 425. — Arterias axilar y humeral con sus ramas.

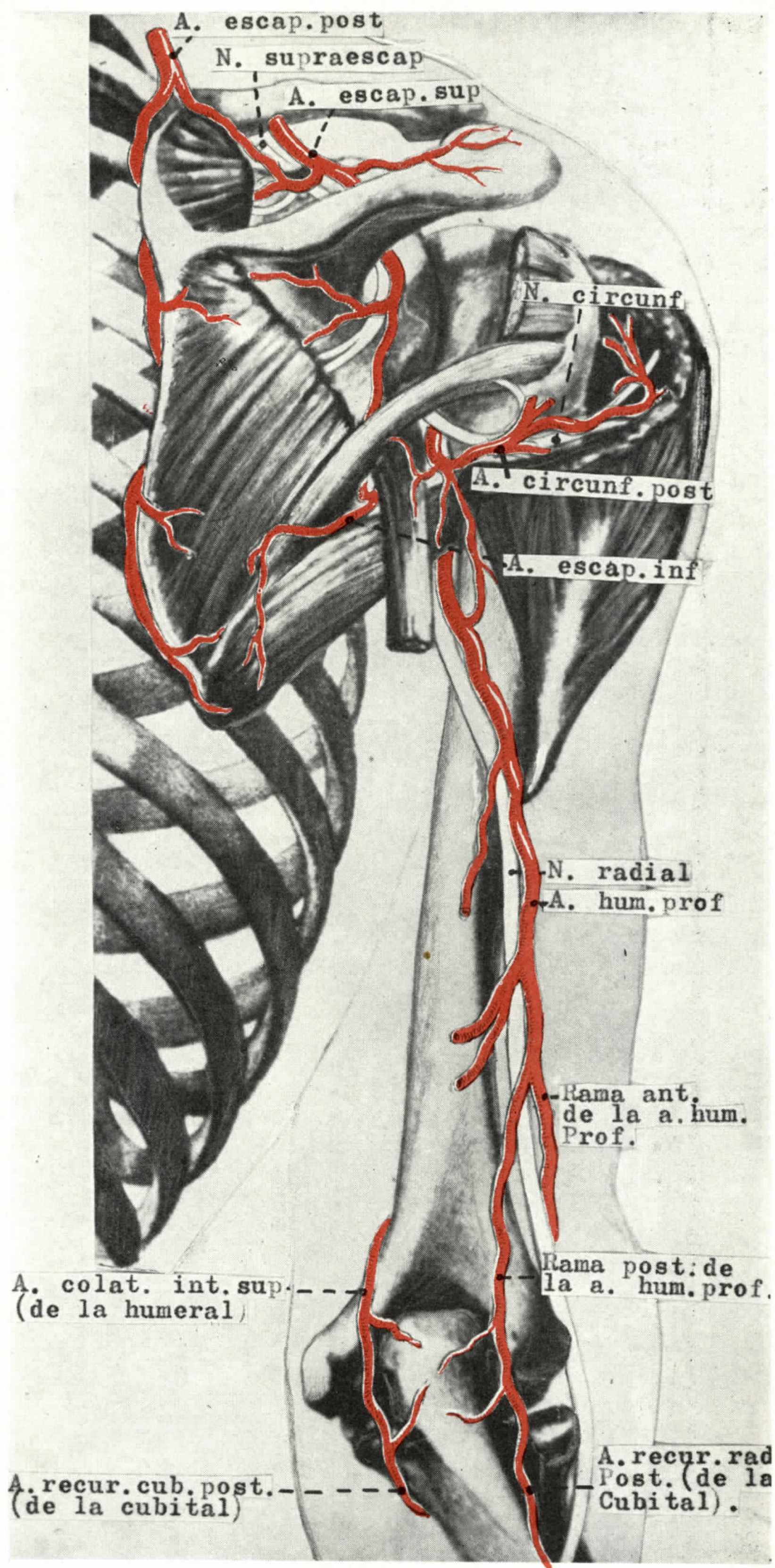


FIG. 426. — Circuito arterial periescapular.

mediano, el cual cruza en «X», pues en un largo trayecto está por fuera y algo por delante de la arteria, mientras que en la parte inferior del brazo el nervio se hace interno con respecto a la arteria. Ambos, arteria y nervio, descienden por la parte interna del brazo en dirección al canal interno de la flexura del codo, donde están contenidos.

Las ramas de la arteria humeral se disponen satélites de los nervios radial, musculocutáneo y cubital.

La arteria humeral da numerosas *ramas musculares* que están destinadas a los músculos braquial anterior, coracobraquial y bíceps braquial, que nacen de la cara externa de la arteria humeral (son, pues, ramas colaterales externas). Estos ramos musculares son, por lo tanto, los satélites del nervio musculocutáneo, y aunque a veces hay un tronco arterial que predomina sobre los demás, por lo general son varias ramitas.

Sin embargo, uno de los ramos musculares más importantes no irriga a músculos del sistema del músculo-cutáneo, sino al deltoides.

Como satélite del nervio radial existe la *arteria humeral profunda*, que es una colateral externa de la arteria humeral. Acompaña al nervio radial y con él penetra en el triángulo humerotricipital y en el canal radial del húmero (fig. 426), en donde da ramas para irrigar al músculo tríceps. Al salir del canal la arteria humeral profunda se bifurca en una *rama anterior* y otra *posterior*, de las cuales la primera camina en el canal externo de la flexura del codo y, por lo tanto, por delante del epicóndilo, mientras que la posterior es retroepicondílea.

La humeral da además dos colaterales internas, que son satélites del nervio cubital. De ellas, la *colateral interna superior* sale de la parte alta de la arteria humeral y acompaña en su trayecto descendente al nervio cubital, pasando con él por detrás de la epitróclea.

La *colateral interna inferior* nace muy baja y se divide en dos ramas terminales, de las cuales una pasa por delante de la epitróclea y otra por detrás.

Las ramas terminales de la humeral profunda se anastomosan con otras ramas arteriales para formar un circuito alrededor del epicóndilo, en donde ha de asegurarse la circulación por ser un saliente óseo para posibles fracturas. La epitróclea, que aún sobresale más, se asegura la circulación también por medio de anastomosis, y como puede fracturarse con mayor frecuencia que el epicóndilo, los circuitos arteriales están nutridos por más ramas. Incluso tiende a formarse un circuito arterial alrededor del olécranon (fig. 426).

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ARTERIAS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR. Desarrollo de las arterias de la extremidad superior. ARTERIAS PROXIMALES DEL MIEMBRO SUPERIOR. *Arteria axilar. Hueco axilar.* Arteria acromiotorácica. Arteria mamaria externa. Arteria escapular inferior. Arteria circunfleja posterior. Arteria circunfleja anterior. Circuito arterial periescapular. *Arteria humeral.* Arterias colaterales de la humeral. Arteria humeral profunda.

CAPÍTULO 64

ARTERIAS DE LA PARTE DISTAL DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR: ARTERIAS RADIAL, CUBITAL, ARCOS PALMARES Y RAMAS DE DISTRIBUCIÓN

En su recorrido por el brazo, la arteria humeral acompaña al nervio mediano (figura 425). En el brazo sus ramas colaterales internas se disponen como satélites del nervio cubital, y la humeral profunda como satélite del nervio radial.

Al llegar a la flexura del codo, la arteria humeral se divide en arteria radial y en arteria cubital.

La última acompaña al nervio cubital, pero la arteria radial no es satélite del sistema neuromuscular del radial a nivel del antebrazo, pues para ello tendría que caminar por la región posterior de éste, siempre más expuesto a los traumatismos.

Es tendencia general de los grandes troncos arteriales caminar por las zonas flexurales de las extremidades, que son las zonas que brindan mayor protección.

Arteria cubital

La ARTERIA CUBITAL (figs. 427, 428 y 429) sigue un trayecto casi vertical por el lado interno del antebrazo y acompaña al nervio cubital, que está situado por dentro de la arteria (fig. 427). La arteria descansa sobre el músculo flexor común profundo de los dedos, y en su parte alta está por detrás del fascículo coronoideo del pronador redondo, que la separa del nervio mediano. Así llega hasta la muñeca.

En la muñeca, la arteria y nervio cubitales están contenidos en un conducto osteofibroso, limitado por detrás por el ligamento anular, por dentro por el hueso pisiforme y por delante por una expansión del ligamento anular que se une al tendón del músculo cubital anterior.

Muy cerca de su nacimiento, la arteria cubital da el *tronco de las recurrentes cubitales* (fig. 427), del que se desprende una *recurrente anterior* y otra *posterior* (figura 426), que se anastomosan con las colaterales internas de la humeral, por delante y por detrás de la epitróclea.

Obsérvese que el nervio mediano en el antebrazo queda sin satélite arterial. Su rama nerviosa interósea, que inerva al músculo pronador cuadrado, tiene una satélite gruesa que nace de la parte alta de la cubital, inmediatamente por debajo del tronco de las recurrentes. Es la *arteria interósea anterior*, la cual nace de un tronco, llamado *tronco de las interóseas* (fig. 427), pues además de la interósea anterior da también la *interósea posterior* (fig. 430). Esta última pasa por la parte alta del espacio interóseo cubitorradial, y llega a la región dorsal del antebrazo, en donde se sitúa entre los músculos del plano profundo y los del plano superficial. Da riego a todos estos músculos. Es, por lo

Fig. 427. — Arteria cubital y sus ramas. Arco arterial palmar profundo.

tanto, satélite del nervio radial (rama motora), a nivel del antebrazo.

La arteria interósea posterior, en el momento en que atraviesa el espacio interóseo para hacerse dorsal, emite una *rama recurrente radial posterior* (figs. 427 y 430), que por detrás del epicóndilo se anastomosa con la rama terminal posterior de la humeral profunda.

De la arteria interósea anterior nace una rama delgada que acompaña al nervio mediano. Esta *arteria del nervio mediano* representa la arteria mediana que se ha estudiado en el desarrollo embrionario del sistema arterial.

El estudio de los arcos palmares completará el de la arteria cubital.

Arteria radial

Desde su nacimiento en la humeral la ARTERIA RADIAL (figs. 427 a 430) se dirige hacia abajo y afuera. Muy pronto se hace vertical y desciende por la parte externa del antebrazo, pero es mucho más superficial que la cubital. En efecto, la arteria radial descansa sobre el músculo pronador redondo y el músculo flexor común superficial de los dedos (fig. 428). En la parte baja del antebrazo pasa entre los tendones de los músculos supinador largo y palmar mayor (figura 429).

El espacio comprendido entre estos dos tendones es conocido con el nombre de *canal del pulso,* ya que la arteria a este nivel está separada del plano esquelético del radio solamente por el músculo pronador cuadrado y, en consecuencia, una presión sobre ella permite percibir su latido.

En su recorrido por el antebrazo, la arteria radial da en su parte alta la *arteria recurrente radial anterior* (figs. 428 y 429), que se anastomosa por delante del epicóndilo con la humeral profunda.

En la parte baja del antebrazo, la arteria radial envía la *arteria palmar del carpo* que se anastomosa con la homónima de la cubital.

Con los arcos anastomóticos de la mano se completa el estudio de la arteria radial.

Una vez más hemos de insistir en la abundancia de circuitos arteriales anastomóticos.

Así existe un *circuito alrededor de la epitróclea,* del que son tributarias las arterias colaterales internas de la humeral y las recurrentes cubitales anterior y posterior (figs. 425, 426 y 430).

El *circuito arterial alrededor del epicóndilo* (figuras 426 y 430) está constituido por las anastomosis entre las ramas de la humeral profunda (rama de la humeral), la recurrente radial anterior (rama de la radial) y la recurrente radial posterior (rama de la interósea posterior, que a su vez nace de la cubital).

En la parte baja del antebrazo se establecen otros circuitos anastomóticos: uno de ellos entre las interóseas anterior y posterior; otro entre las arterias cubital y radial a través de las arterias palmares del carpo.

Los circuitos anastomóticos más importantes y de mayor calibre entre las arterias cubital y radial son los de la palma de la mano.

Arcos anastomóticos de la mano

El estudio de las arterias radial y cubital ha sido interrumpido en la parte baja del antebrazo.

A este nivel, la arteria radial en su descenso vertical se ha situado en el canal del pulso. Desde ahí desciende y alcanza la parte posterior de la mano, cruzando la tabaquera anatómica (fig. 430). Más abajo alcanza la parte dorsal del primer espacio intermetacarpiano, atraviesa el primer músculo interóseo dorsal y aparece, por último, en la palma de la mano, después de atravesar también el fascículo transverso del músculo aproximador del pulgar (fig. 427).

Esta parte terminal de la radial se anastomosa con la *arteria cubitopalmar,* nacida de la cubital a nivel de la muñeca. Esta anastomosis constituye el ARCO PALMAR PROFUNDO (fig. 427), situado por detrás de los tendones de los flexores comunes.

Del arco palmar profundo nacen las *arterias interóseas palmares,* las cuales caminan por los espacios intermetacarpianos (en la nómina actual se denominan arterias metacarpianas palmares). En su parte baja, las arterias interóseas palmares se anastomosan con ramas del arco palmar superficial y con las interóseas dorsales.

A. recur.
rad. ant

A. HUMERAL

A. RADIAL

A. CUBITAL

A. rad-palm
(cortada)

A. radial

A. cub-palm

Fig. 428

N. mediano

A. recur. rad.
ant.

A. cubital

A. radial

A. rad. palm

Aa. dig.
palm. comunes.

Aa. colat. de los dedos

Fig. 429

De la parte externa del arco palmar profundo (parte que corresponde a la terminación de la radial) suele nacer una interósea palmar mucho más potente que las otras. Cuando esta interósea existe, de ella nacen las *colaterales externa e interna del pulgar* y la *colateral externa del índice.*

Desde el conducto osteofibroso del carpo, la arteria cubital continúa su trayecto, pero es muy superficial. Pasa, como ya se ha dicho, por delante del ligamento anular del carpo y en la palma de la mano se incurva para formar un arco que recibe una rama anastomótica de la radial.

Éste es el ARCO PALMAR SUPERFICIAL (fig. 429), constituido por la parte terminal de la cubital y la *arteria radiopalmar* (rama de la radial), que está separado del arco profundo por los tendones del músculo flexor común profundo de los dedos (con los músculos lumbricales) y los del flexor común superficial.

El arco palmar superficial envía *ramas digitales palmares comunes,* que caminan en los espacios intertendinosos, y que al llegar a la raíz de los dedos dan las correspondientes *colaterales de los dedos* (= arterias digitales palmares propias). Por lo general, este arco palmar superficial da todas las colaterales palmares de los dedos, con excepción de las del pulgar y la externa del índice que salen del arco palmar profundo.

También en el dorso de la mano se intenta formar un arco, el *arco dorsal del carpo,* del que nacen *arterias interóseas dorsales* que a su vez reciben ramas anastomóticas de las interóseas palmares.

El arco dorsal está formado casi exclusivamente por la *arteria dorsal del carpo,* nacida de la radial durante su breve trayecto dorsal.

A veces el arco dorsal es un circuito anastomótico, pues la arteria cubital da una rama dorsal

---

←

FIGS. 428 y 429. — Arterias radial y cubital. Arco arterial palmar superficial (fig. 429).

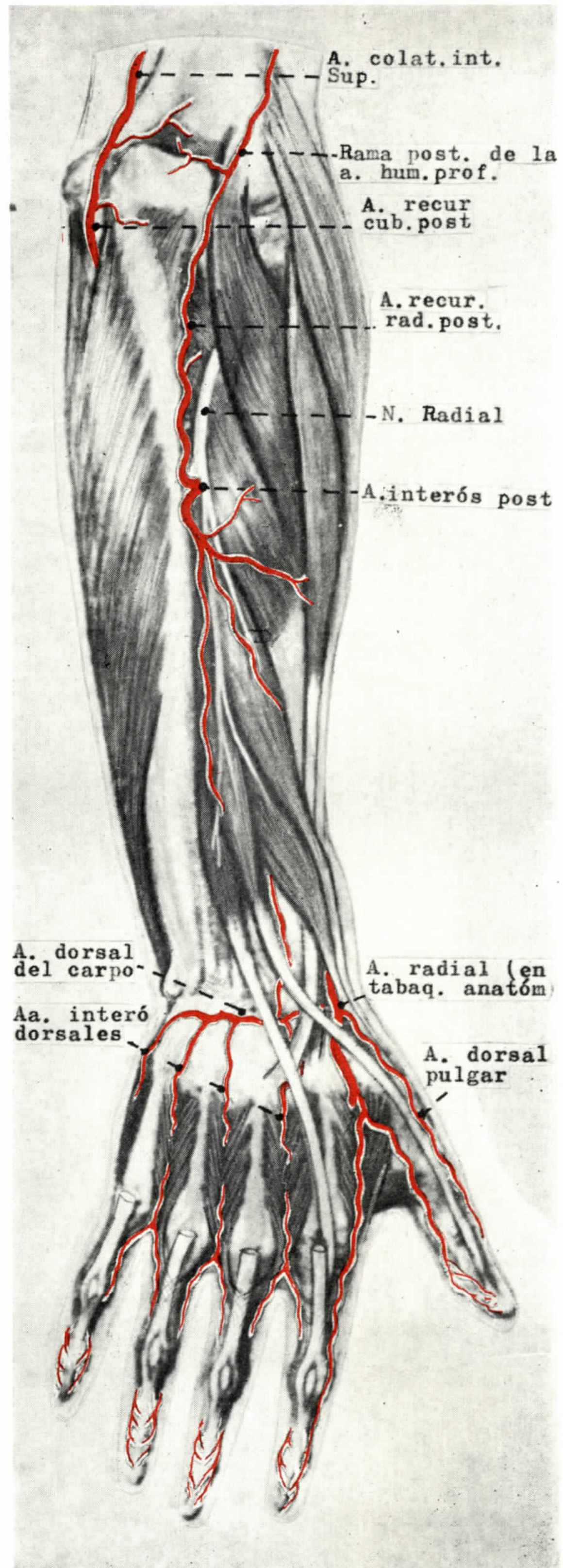


FIG. 430. — Trayecto dorsal de la arteria radial. Arterias dorsales del antebrazo.

del carpo que después de contornear la cabeza del cúbito se une a la homónima de la radial.

Las arterias interóseas dorsales a nivel de la raíz de los dedos dan las *colaterales dorsales de los dedos* (= arterias digitales dorsales), excepto la *arteria dorsal del pulgar,* que nace directamente de la radial.

La anastomosis entre las arterias interóseas palmares y dorsales representa un circuito arterial entre palma y dorso de la mano, en beneficio del aporte sanguíneo dorsal, siempre más parco que el palmar.

En resumen, la *arteria cubital* da las siguientes ramas: 1.ª) El *tronco de las recurrentes cubitales,* que a su vez se divide en arteria recurrente cubital anterior y recurrente cubital posterior. 2.ª) El *tronco de las interóseas.* De la interósea anterior nace la arteria del mediano; de la posterior sale la recurrente radial posterior. 3.ª) *Dorsal del carpo,* que se une a la homónima del radio y forma el arco dorsal del carpo. 4.ª) *Transversa palmar del carpo,* que se anastomosa con la homónima de la articulación radial. 5.ª) La *arteria cubitopalmar,* que se une a la parte terminal de la arteria radial para formar el arco palmar profundo.

La *arteria radial* da: 1.ª) La *recurrente radial anterior.* 2.ª) La *arteria transversa palmar del carpo.* 3.ª) La *arteria radiopalmar,* que anastomosada con la arteria cubital, forma el arco palmar superficial. 4.ª) La *arteria dorsal del pulgar.* 5.ª) La *arteria dorsal del carpo.*

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

ARTERIAS DISTALES DEL MIEMBRO SUPERIOR. *Arteria cubital.* Tronco de las recurrentes cubitales. Tronco de las interóseas. Arteria del nervio mediano. *Arteria radial.* Canal del pulso. Arteria recurrente radial anterior. Arteria radiopalmar. Círculo arterial periepitroclear. Círculo arterial periepicondíleo. *Arcos palmares superficial y profundo.* Arterias interóseas. Arterias interdigitales. Anastomosis arteriales dorsales del carpo.

CAPÍTULO 65

VENAS, LINFÁTICOS Y SENSIBILIDAD DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

VENAS

La circulación de retorno consta de venas profundas y venas superficiales. Esta circulación suele hacerse en contra de la fuerza de la gravedad. Para impedir que la sangre refluya, las venas poseen válvulas.

Venas profundas

Las venas profundas son satélites de las arterias correspondientes y presentan las mismas relaciones que ellas. Existen dos por cada arteria, salvo la vena axilar, que es única.

La *vena axilar* (fig. 431) se forma por la confluencia de las dos *venas humerales*, y asciende en la axila por dentro de la arteria axilar. En la parte alta, la vena axilar está por dentro y un poco por delante de la arteria.

Venas superficiales

Las venas superficiales presentan numerosas variaciones individuales.

Por lo general, suelen formarse *redes venosas* en los dedos que desembocan en *arcos venosos dorsales de los dedos*, de donde salen troncos que a su vez confluyen en un *arco dorsal de la mano* (fig. 433).

Del extremo externo de este arco sale la *vena cefálica* (fig. 432) que recorre el antebrazo (*vena cefálica del antebrazo*), pasando desde su dorso hasta su cara anterior. Llega a la parte superficial del canal externo de la flexura del codo (acompañada de la rama cutánea del nervio musculocutáneo) y asciende por el borde externo del brazo (*vena cefálica del brazo*). Se mete en el intersticio deltopectoral (en donde camina en un desdoblamiento de la aponeurosis) y desemboca por medio de un cayado en la vena axilar (figura 431). La vena cefálica recibe las *venas acromiotorácicas*.

De la parte interna del arco venoso dorsal de la mano se forma la *vena basílica* (figuras 432 y 433), que asciende primeramente por la cara dorsal y después por la cara ventral del antebrazo.

En su recorrido por el antebrazo se llama *vena basílica del antebrazo*. Continúa su trayecto ascendente por el brazo (*vena basílica del brazo*), intercalada entre los dos ramos del nervio braquial cutáneo interno. Atraviesa la aponeurosis y desemboca en la vena humeral interna; a veces en la vena axilar (fig. 431).

A nivel de la flexura del codo, las venas cefálica y basílica están unidas por la *vena mediana cubital*, que por descansar sobre la expansión aponeurótica del bíceps (que es un plano relativamente duro) es elegida para las inyecciones intravenosas.

Las venas superficiales, a nivel de la flexura del codo, envían un ramo que desemboca en las venas profundas. Este ramo anastomótico suele salir de la vena mediana cubital.

A su vez, la vena mediana cubital recibe con frecuencia una vena superficial, que asciende por la parte media de la región anterior del antebrazo, y que se denomina *vena mediana del antebrazo* (fig. 432).

Por la cara dorsal suele formarse otro tronco, la *vena cefálica accesoria* (figs. 433 y 434), que desemboca en la vena cefálica a nivel de la flexura del codo.

VASOS Y GANGLIOS LINFÁTICOS

La linfa es recogida por *vasos linfáticos,* por donde camina. Hay vasos linfáticos profundos y superficiales.

Los *vasos linfáticos profundos* caminan junto a las venas profundas.

Los *superficiales* van bajo la piel y es imposible sistematizarlos. Los vasos linfáticos de la palma de la mano confluyen hacia su dorso, y en el antebrazo y en el brazo desde el dorso se dirigen hasta la cara anterior.

El contenido de estos vasos linfáticos, la linfa, ha de ser depurado, para lo cual existen *ganglios linfáticos* que se intercalan en el recorrido de los vasos.

Hay *ganglios profundos* (cubitales, radiales, humerales, etc.) y *ganglios superficiales.* Estos últimos están junto a la vena basílica, por encima de la epitróclea (= ganglios supraepitrocleares).

Pero los más importantes son los *ganglios axilares* (fig. 435), que se encargan de recibir los vasos linfáticos del miembro superior, los de las partes blandas del tórax (entre ellas la región de la mama), los de las

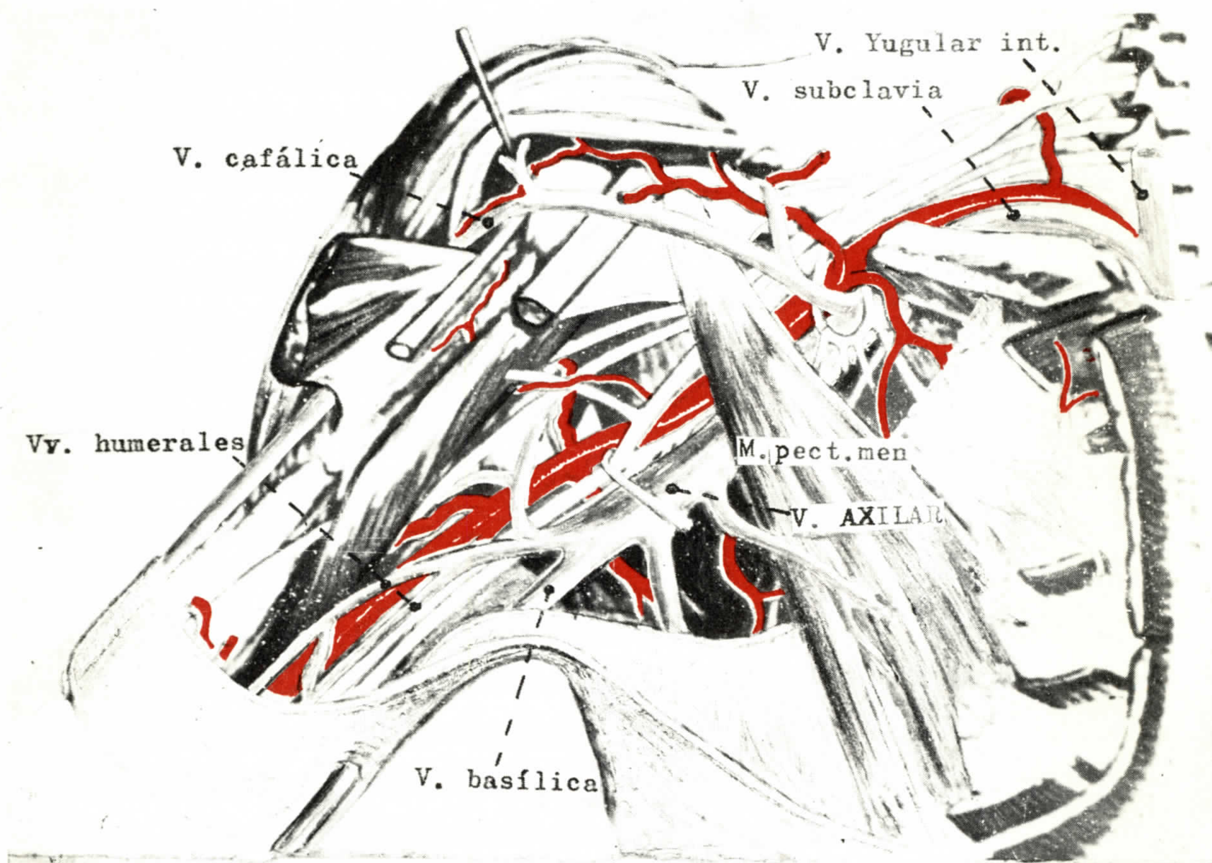


FIG. 431. — Elementos vasculonerviosos de la axila, con especial referencia a las venas.

paredes del abdomen (desde el ombligo hacia arriba) e incluso los de la parte inferior de la nuca.

Los ganglios axilares se disponen en grupos. Existe un *grupo lateral* (=ganglios linfáticos axilares laterales), situado en la parte alta de las venas humerales; un *grupo interno* (=ganglios linfáticos axilares pectorales) o cadena de la mamaria externa, situado en la pared interna de la axila, a lo largo de los vasos mamarios externos; un *grupo posterior* o escapular (=ganglios linfáticos axilares subescapulares), que se sitúa a lo largo de los vasos escapulares inferiores; un *grupo central* (=ganglios linfáticos axilares centrales), situado entre los grupos anteriores, y un *grupo subclavicular* (=ganglios linfáticos axilares apicales), que se encuentra en el vértice de la axila.

La linfa que llega a cualquiera de los tres primeros grupos es recogida por nuevos vasos que desembocan en el grupo central y desde éste tienen que pasar de nuevo al grupo subclavicular.

Desde el grupo subclavicular, la linfa ya depurada pasa a la circulación venosa (a nivel del confluyente subclavioyugular, que aún no se ha estudiado).

SISTEMAS DERMONEURALES

La sensibilidad de la piel del miembro superior es recogida por nervios cutáneos, una parte de los cuales se incorpora a nervios ya conocidos (nervios de los sistemas neuromusculares), mientras que otros son exclusivamente sensibles. Ambos, en definitiva, transmiten la corriente nerviosa hasta el plexo braquial, y a lo largo de él hasta la médula espinal.

La *sensibilidad de la palma de la mano y de la cara palmar de los dedos* es recogida por nervios que se incorporan al mediano y al cubital (fig. 433).

Los dedos son inervados por los *nervios digitales palmares propios* (=colaterales de los dedos), que en la raíz de los dedos se unen para formar los *nervios digitales palmares comunes*, parte de los cuales se incorporan al *mediano* y otra parte se reúnen para formar la *rama superficial del nervio cubital.*

Esquemáticamente, se puede delimitar el territorio sensible del mediano con respecto al del cubital por medio de una línea que pase por la línea media del anular y siga vertical hasta la muñeca. La zona externa es el territorio cutáneo del mediano; la zona interna es el territorio cutáneo del cubital.

La sensibilidad de la mitad externa de la *cara anterior del antebrazo* es recogida por la *rama cutánea* (=*nervio cutáneo lateral del antebrazo*) *del musculocutáneo* (fig. 433). La rama cutánea se incorpora a la motora en el espacio que queda entre el músculo braquial y el músculo bíceps. A nivel de la flexura del codo, esta rama cutánea está situada en la superficie del canal externo.

La sensibilidad de la mitad interna del antebrazo es recogida por el *nervio braquialcutáneo interno* (=*nervio cutáneo medial del antebrazo*), que está constituido por dos ramas (fig. 433), una cubital y otra posterior.

La parte externa del *brazo* y el *muñón del hombro* están inervados sensiblemente por el *nervio cutáneo lateral del brazo* (fig. 433), que es una rama sensible del nervio circunflejo.

La sensibilidad de la parte interna del brazo es recogida por el *nervio accesorio del braquialcutáneo interno* (=*nervio cutáneo medial del brazo*), que consta de dos ramas (fig. 433), una anterior y otra posterior.

En el *dorso de la mano* existen *nervios digitales dorsales* que se reúnen en dos manojos, de los cuales el externo es la *rama superficial del nervio radial* (fig. 434), rama que asciende pasando bajo el tendón del músculo supinador largo, para incorporarse al nervio radial a nivel del canal interno de la flexura del codo.

El manojo interno es la *rama dorsal de la mano* (fig. 434), que sigue un trayecto ascendente; pasa bajo el tendón del músculo cubital anterior y se incorpora al nervio cubital (en la parte inferior del trayecto del nervio en el antebrazo).

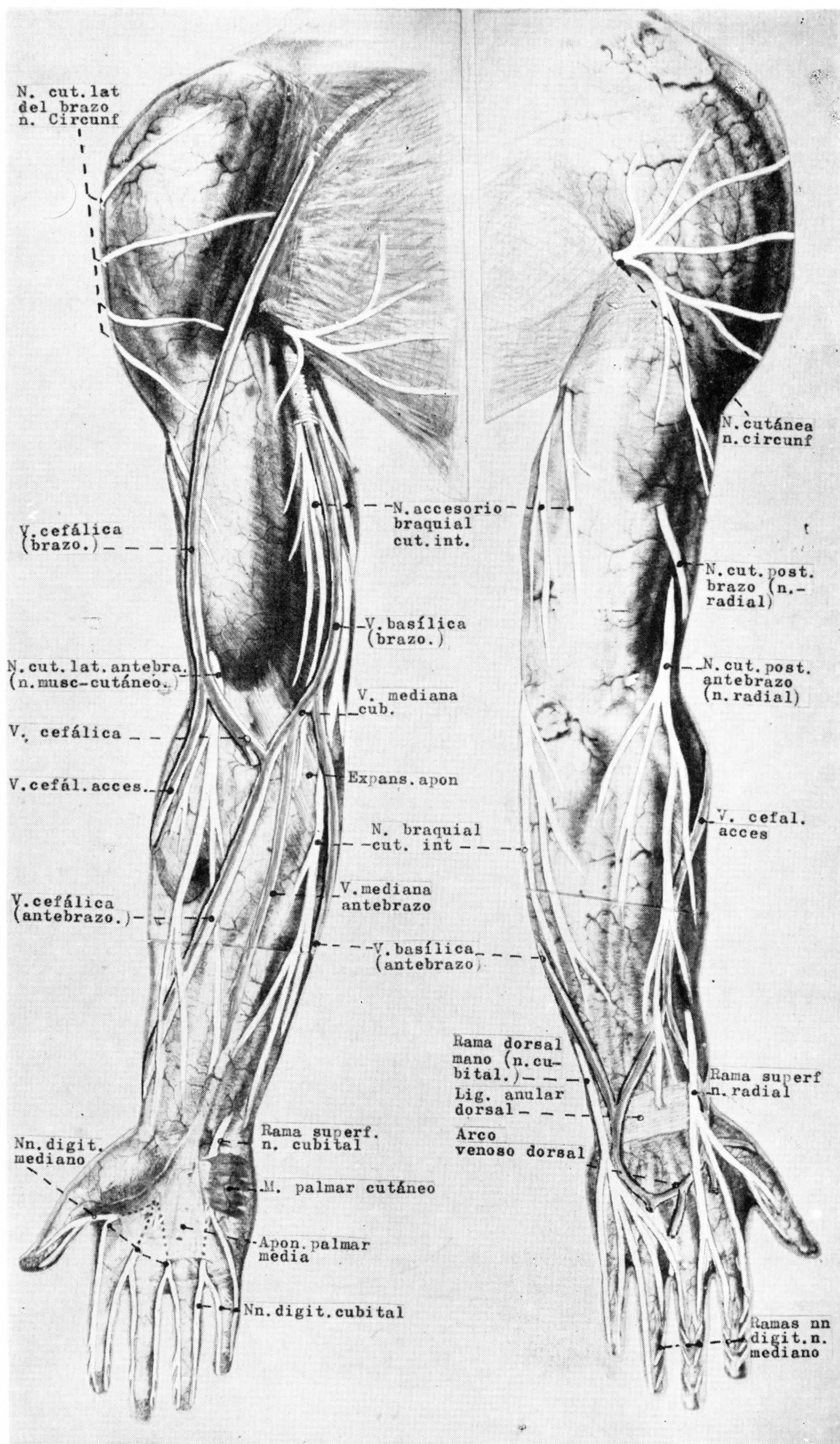


FIG. 432 FIG. 433

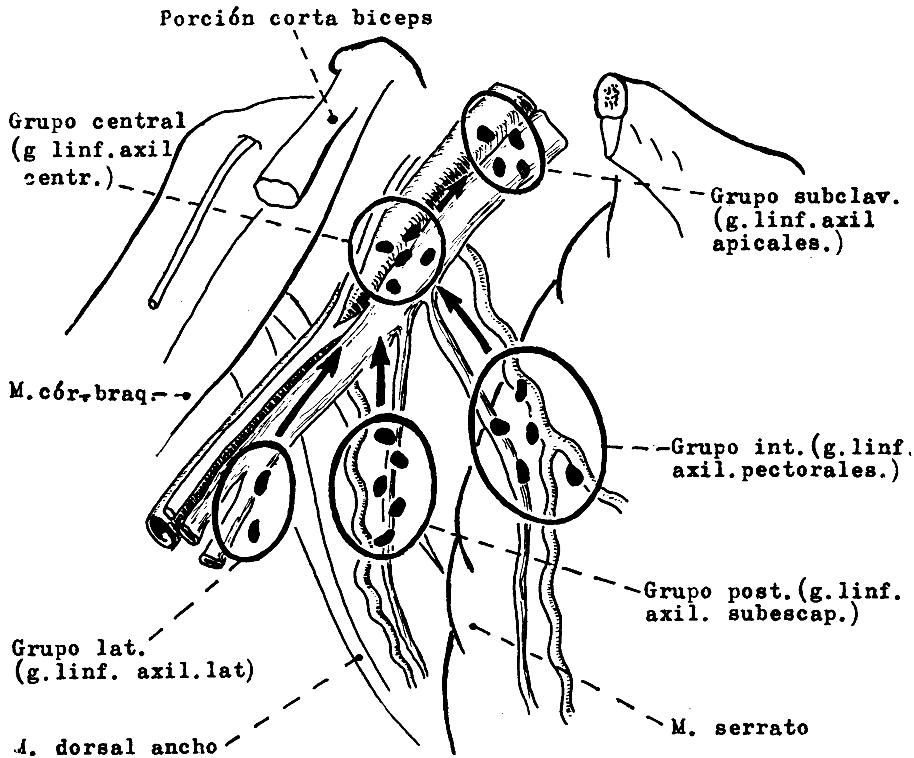


FIG. 434. — Esquema destinado a mostrar los ganglios linfáticos axilares.

El territorio cutáneo del dorso de la mano perteneciente al nervio radial está separado del territorio del cubital por una línea que pasa por la parte media del dedo medio. Ahora bien, los nervios digitales dorsales propios del índice y del medio y el externo del anular tan sólo llegan hasta la interlínea que separa la falange primera de la segunda. El dorso de las falanges segunda y tercera de los dedos índice y medio y de la parte externa del anular está inervado por el nervio mediano, por medio de los nervios digitales palmares propios (fig. 433).

El *dorso del antebrazo* está inervado sensiblemente (fig. 433) por la *rama posterior del nervio braquialcutáneo interno* (la parte interna); por la *rama cutánea del musculocutáneo* (la parte externa), y por el *nervio cutáneo posterior del antebrazo* (una zona intermedia del dorso del antebrazo, que está comprendida entre los territorios dorsales del braquialcutáneo interno y del musculocutáneo).

El nervio cutáneo posterior del antebrazo atraviesa el intersticio que separa el músculo supinador largo y el tríceps, y se incorpora al nervio radial en la parte media del canal del radial.

El *dorso del brazo* está inervado (fig. 433) por la *rama posterior del accesorio del braquialcutáneo interno* (la parte interna); por el *nervio sensible del circunflejo* (la parte lateral y alta del brazo), y por el *nervio cutáneo posterior del brazo* (la parte lateral y baja).

Este último nervio se incorpora al nervio radial en la parte alta del triángulo humerotricipital.

Obsérvese, pues, que casi *todas las ramas terminales* del plexo braquial son nervios mixtos.

←

FIG. 432. — Aponeurosis superficial del miembro superior, vista por delante. Venas superficiales y nervios cutáneos sensibles.

FIG. 433. — Aponeurosis superficial del miembro superior, vista por detrás. Venas superficiales y nervios cutáneos sensibles.

Así, el nervio cubital recibe la rama superficial y la rama dorsal de la mano.

El nervio mediano recibe los digitales palmares comunes que traen la sensibilidad de los dedos pulgar, índice, medio y mitad externa del anular.

Al nervio musculocutáneo se incorpora el nervio cutáneo lateral del antebrazo.

Al nervio radial, y a distintos niveles, se incorporan tres ramas sensibles: la rama superficial del nervio radial, el nervio cutáneo posterior del antebrazo y el nervio cutáneo posterior del brazo.

Por último, al nervio circunflejo se incorpora el nervio cutáneo lateral del brazo.

Los nervios braquialcutáneo interno y su accesorio son exclusivamente sensibles y se unen a la *aleta* anterior del plexo braquial, por dentro del nervio cubital.

Las ramas colaterales del plexo son exclusivamente motoras.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

VENAS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR. LINFÁTICOS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR. SENSIBILIDAD DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR. *Vena axilar.* Venas superficiales de la extremidad superior. Vena cefálica y vena basílica. *Ganglios linfáticos axilares.* Ramos nerviosos palmares del cubital. Ramos dorsales del cubital. Ramos palmares del mediano. Nervio radial cutáneo del dorso de la mano. Nervio radial cutáneo del dorso del antebrazo. Nervio radial cutáneo del dorso del brazo. Rama sensible del nervio cutáneo. *Nervio braquial cutáneo interno y accesorio.*

CAPÍTULO 66

APONEUROSIS DEL MIEMBRO SUPERIOR Y SUS ANEXOS

Al igual que en el resto del cuerpo, la superficie de los sistemas neuromusculares del miembro superior está recubierta por tejido conjuntivo, que contribuye a fijar en su sitio a los músculos; evita que éstos se abulten excesivamente cuando se contraen; sirve de inserción a las fibras musculares.

Este manguito conjuntivo constituye la llamada aponeurosis superficial, que en el caso del miembro superior se extiende desde el hombro hasta la mano (figs. 432 y 433). Sobre ella caminan los elementos supraaponeuróticos, los cuales en la extremidad superior son venas superficiales y nervios cutáneos sensibles. Estos elementos, tras un recorrido supraaponeurótico más o menos largo, atraviesan la aponeurosis superficial para incorporarse a venas y nervios profundos.

Del manguito aponeurótico superficial parten expansiones conjuntivas que envuelven a todos y cada uno de los músculos, con lo que sus vientres carnosos quedan encerrados o bien en estuches fibrosos o bien en celdas osteofibrosas.

En aquellos sitios, como en la muñeca, en donde los tendones se encuentran en canales óseos, la aponeurosis superficial se engruesa y forma a modo de abrazaderas. Con ello resulta que los tendones se deslizan en conductos osteofibrosos, y con el fin de evitar el roce y el desgaste de aquéllos en las paredes de los conductos, los tendones están envueltos por vainas serosas.

Las vainas o estuches aponeuróticos de los músculos, sus celdas osteofibrosas, los conductos osteofibrosos y las vainas serosas de los tendones son anexos de la aponeurosis, que con ésta contribuyen al mejor funcionamiento de los sistemas neuromusculares, ya estudiados.

Una visión de conjunto de la APONEUROSIS SUPERFICIAL del miembro superior (figs. 432 y 433) permite apreciar que en el hombro se inicia como aponeurosis de revestimiento del músculo pectoral mayor por delante y del músculo deltoides por delante y por detrás; la aponeurosis se introduce entre las fibras de ambos músculos, y se hunde a nivel del surco deltopectoral. También se hunde bajo la axila para constituir el suelo aponeurótico de la misma, dispuesto en forma de bóveda.

Desde el hombro, la aponeurosis superficial forma un manguito, que se adapta a las superficies musculares, cuyos relieves destacan perfectamente a su través. Este manguito se extiende por el brazo, el codo, el antebrazo y la mano. En algunos sitios se refuerza. Así ocurre a nivel de la parte superointerna del antebrazo, en donde la *expansión aponeurótica del bíceps* se extiende sobre la eminencia de los músculos epitrocleares; a nivel de la muñeca, en donde los ligamentos anulares contribuyen a sujetar los tendones de los músculos largos del antebrazo; en la parte media de la palma de la mano, en donde se conoce con el nombre de *apo-*

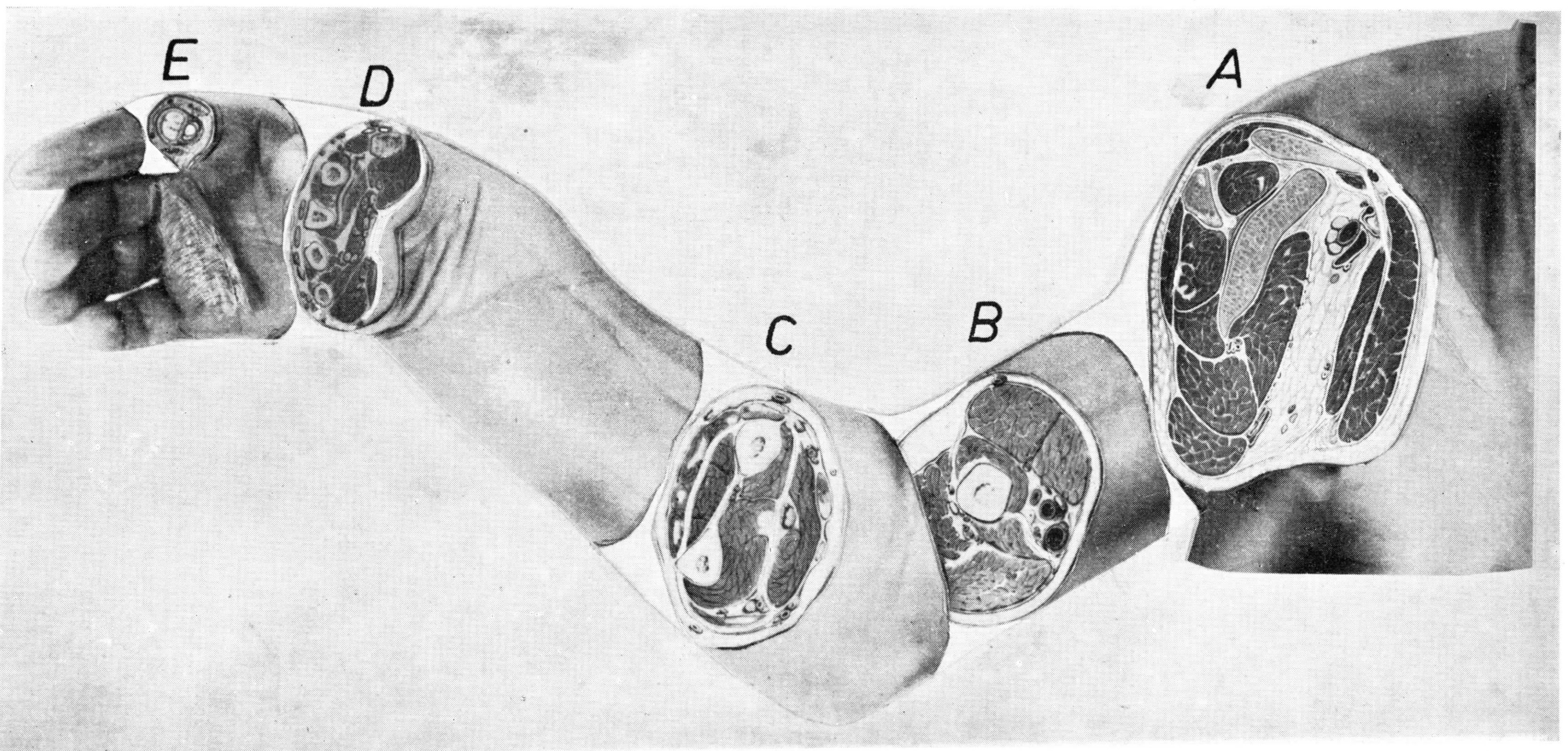


FIG. 435. — Cortes dados a distintos niveles del miembro superior.

neurosis palmar media, es un refuerzo fibroso, constituido por fibras transversas y longitudinales, de las cuales las últimas se espesan más por delante de los tendones flexores y confluyen hacia arriba para continuarse con el tendón del músculo palmar menor. A este nivel hay un músculo supraaponeurótico, el *m. palmar cutáneo* (fig. 432), que desde el borde interno de la aponeurosis palmar media se extiende hasta la piel de la parte interna de la eminencia hipotenar.

El estudio de los estuches fibrosos y celdas osteofibrosas de los músculos obliga al análisis de cortes del miembro superior, dados en distintos segmentos del mismo, tal como se indica en la fig. 435. Al mismo tiempo se completará el estudio de la aponeurosis superficial.

Hay que advertir que los cortes de la figura 435 corresponden a los cortes esquemáticos de la figura 436, pero en los de esta última tan sólo están representados los huesos, las aponeurosis y sus anexos, a fin de hacer resaltar la idea de formación de los estuches y de las celdas.

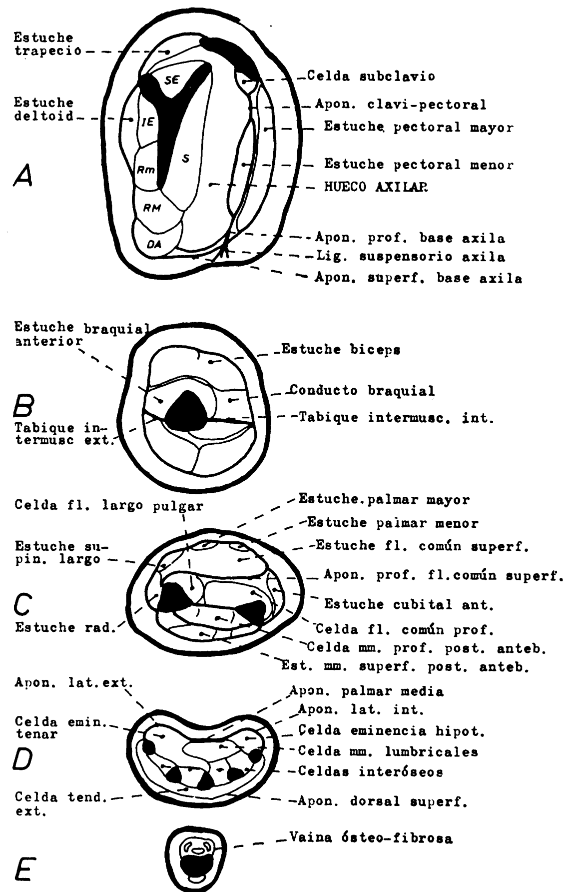


FIG. 436. — Esquemas de la disposición de la aponeurosis y de sus anexos al mismo nivel de los cortes de la figura anterior.

Cada uno de los músculos que forman las paredes de la AXILA (corte A, figs. 435 y 436) está envuelto por tejido aponeurótico.

Así, la cara anterior del músculo subescapular está recubierta por aponeurosis, con lo que dicho músculo queda encerrado en una celda (S) formada por aquélla y por la escápula. De igual modo se forman celdas osteofibrosas, que encierran a los músculos supraespinoso (SE) e infraespinoso (IE) en las fosas de su mismo nombre, al estar tapizada por aponeurosis la cara posterior de estos músculos. Envueltos por tejido aponeurótico están también los músculos redondo menor (Rm), redondo mayor (RM) y dorsal ancho (DA). La cara externa del músculo serrato mayor está recubierta por una aponeurosis, que le aplica a la caja torácica.

La llamada *aponeurosis clavipectoroaxilar* envuelve a los músculos profundos de la pared anterior de la axila. Por arriba se fija en los dos labios del canal del subclavio de la clavícula, para desde ahí rodear y encerrar en una celda al músculo subclavio. Esta aponeurosis se continúa a modo de tabique desde el borde inferior del músculo hasta el superior del músculo pectoral menor; esta porción de la aponeurosis recibe el nombre de *tabique clavipectoral,* el cual está atravesado por los vasos acromiotorácicos, la vena cefálica y las ramitas nerviosas del asa de los pectorales. A nivel del borde superior del músculo pectoral menor, el tabique se desdobla en dos hojas que estuchan a este músculo, las cuales se adosan entre sí al llegar al borde inferior. Las dos hojas, fundidas entre sí, descienden como *ligamento suspensorio de la axila* hasta la piel de la base de la misma, mientras que hacia afuera se extienden

hasta continuarse con el músculo coracobraquial. De la cara posterior del ligamento suspensorio parte tejido fibroso, que se dirige hacia atrás y se describe como *aponeurosis profunda de la base de la axila,* la cual se continúa con las aponeurosis que revisten a los músculos dorsal ancho y redondo mayor.

El músculo pectoral mayor está envuelto por aponeurosis, cuya hoja superficial forma parte de la aponeurosis superficial. Las dos hojas aponeuróticas se unen en el borde inferior del músculo, y desde ahí se dirige hacia atrás un tabique fibroso, muy delgado, que se extiende hasta el músculo dorsal ancho y se describe como *aponeurosis superficial de la base de la axila.*

El corte a nivel del BRAZO (corte B, figuras 435 y 436) muestra la aponeurosis superficial, *aponeurosis braquial,* que envuelve a los músculos. De la cara profunda de la aponeurosis braquial parten dos tabiques fibrosos, los *tabiques intermusculares externo e interno,* que se fijan respectivamente en los bordes externo e interno del húmero.

Estos tabiques, la aponeurosis braquial y el húmero dividen al brazo en dos celdas osteofibrosas, de las cuales la anterior contiene a los músculos del sistema neuromuscular del musculocutáneo, y la posterior al músculo tríceps, envainados a su vez por expansiones fibrosas que parten también de la cara profunda de la aponeurosis superficial. Inmediatamente por delante del tabique intermuscular interno se forma a modo de un conducto, que algunos autores llaman *conducto braquial,* por donde caminan los vasos humerales, el nervio mediano y el nervio cubital, aunque este último no recorre todo el conducto, pues en la parte alta atraviesa el tabique para hacerse posterior.

A nivel del ANTEBRAZO (corte C de las figuras 435 y 436), el manguito aponeurótico superficial envía expansiones que a modo de tabiques se unen a los bordes posteriores del radio y del cúbito. De este modo resulta también dividido el antebrazo en dos celdas osteofibrosas. En la celda anterior destaca la *aponeurosis profunda del músculo flexor común superficial,* entre la cual y la cara posterior del músculo camina el nervio mediano. Al igual que en los demás segmentos del miembro, los músculos del antebrazo también están envainados por expansiones aponeuróticas.

En la MUÑECA (fig. 437), interesa conocer las correderas tendinosas en la palma y en el dorso.

En la palma, el *ligamento anular anterior del carpo* se inserta en uno y otro labio del canal óseo del carpo, al que convierte en con-

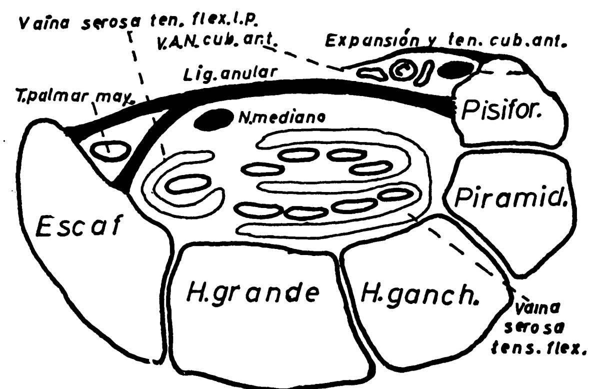


FIG. 437. — Corte transversal a nivel de la muñeca.

ducto. Su inserción externa engloba al tendón del músculo palmar mayor, al cual proporciona una celda independiente. En la parte profunda del conducto carpiano se encuentran los cuatro tendones del músculo flexor común profundo de los dedos, y por delante de ellos los tendones flexores superficiales; hacia la parte externa del conducto está en profundidad el tendón del flexor largo del pulgar y en superficie el nervio mediano. El nervio y vasos cubitales pasan por delante del ligamento anular.

Dentro del conducto carpiano los tendones se deslizan fácilmente gracias a *vainas serosas,* que hacia abajo se prolongan a lo largo de los dedos pulgar y meñique, mientras que

las del resto de los tendones no establecen continuidad con las que existen a nivel de los dedos correspondientes. Una infección en la vaina serosa («panadizo») de los dedos pulgar o meñique podrá, por lo tanto, propagarse fácilmente hacia la muñeca, lo que no sucede en la infección de la vaina serosa de los dedos restantes.

En el dorso de la muñeca, el *ligamento anular dorsal del carpo* (fig. 418), que desde los huesos piramidal y pisiforme se extiende hasta la parte externa de la extremidad inferior del radio, abraza a los tendones dorsales y convierte en conductos los canales que dichos tendones excavan en las extremidades inferiores del radio y del cúbito.

También a este nivel existen vainas serosas. Hay tantas vainas como conductos osteofibrosos se forman. Así, existe una vaina común para los tendones del músculo separador largo y extensor corto del pulgar, los cuales labran un canal en la cara externa de la extremidad inferior del radio; vaina serosa para los tendones de los dos músculos radiales, que caminan en un canal de la cara externa de la extremidad inferior del radio, situado por detrás del anterior; una tercera vaina serosa envuelve al tendón del músculo extensor largo del pulgar, el cual corre en un canal de la cara posterior de la extremidad inferior del radio; los tendones del extensor común y del extensor propio del índice, que han labrado un canal en la extremidad inferior del radio, por dentro del anterior, están rodeados por una vaina serosa común; otra vaina serosa rodea al tendón del extensor propio del meñique, que se desliza en la interlínea que separa las extremidades inferiores del radio y del cúbito; por último, el tendón del músculo cubital posterior, que se halla en el canal de la cara posterior de la cabeza del cúbito, canal que por dentro limita con la apófisis estiloides del hueso, tiene también su correspondiente vaina serosa.

A nivel de la MANO (corte D, figs. 435 y 436), la aponeurosis tiende a formar un manguito.

En la palma, la *aponeurosis palmar media* es prolongada a cada lado por las *aponeurosis laterales,* de las que la interna reviste a los músculos de la eminencia hipotenar y la extensa a los de la tenar.

En el dorso, una hoja aponeurótica muy fina, extendida desde el primero al quinto metacarpiano, recibe el nombre de *aponeurosis dorsal superficial;* el tejido fibroso que tapiza la cara dorsal de los músculos interóseos dorsales se suele designar como *aponeurosis dorsal profunda,* aunque aún es más tenue que la superficial; entre ambas aponeurosis dorsales caminan los tendones de los músculos extensores.

Así, pues, el manguito aponeurótico superficial de la mano está constituido por la aponeurosis palmar media, las laterales y la dorsal superficial.

La existencia de lo que se llama *aponeurosis palmar profunda,* que es una hoja fibrosa que recubre la cara palmar de los músculos interóseos y se fija en cada metacarpiano, determina que la trama aponeurótica de la mano constituya una serie de celdas. Hay celdas osteofibrosas, enclaustradas entre los metacarpianos y las aponeurosis profundas, en donde se sitúan los músculos interóseos; celdas interaponeuróticas, en las que se puede distinguir una *celda palmar externa* para los músculos de la eminencia tenar; una *celda palmar media,* por donde caminan los tendones flexores, y una *celda palmar interna* para los músculos de la eminencia tenar.

A nivel de los DEDOS (figs. 435 y 436, corte E) no existe aponeurosis; debajo de la piel hay grasa.

Sobre la cara anterior de las falanges, que es ligeramente cóncava, corren los tendones de los músculos flexores. Con el fin de evitar que estos tendones formen cuerdas de arco al contraerse los músculos, están abrazados por tejido fibroso, que salta de uno al otro borde de la falange. Este tejido fibroso, que existe a lo largo de las falanges y forma la *vaina fibrosa digital,* que con la cara ante-

rior de aquéllas encierra a los tendones flexores en vainas osteofibrosas. También a este nivel, los tendones están envueltos por vainas serosas, de las cuales, como ya se ha dicho, las de los dedos pulgar y meñique se prolongan hacia arriba hasta el conducto del carpo, mientras que las de los dedos índice, medio y anular terminan a nivel de la interlínea metacarpofalángica.

El hecho de que los tendones de los músculos extensores se inserten en las tres falanges de los dedos impide el que salten como cuerdas de arco, y por lo tanto no precisan vainas osteofibrosas que los canalicen.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

APONEUROSIS DEL MIEMBRO SUPERIOR. Ligamentos anulares de la muñeca. Celdas aponeuróticas del brazo y antebrazo. Aponeurosis axilar media. Vainas serosas de los tendones en la muñeca y de los dedos.

CAPÍTULO 67

METAMERÍA DEL MIEMBRO SUPERIOR

En el embrión el miembro superior aparece como un mamelón ectodérmico relleno de material mesodérmico, que se forma fundamentalmente a expensas de los metámeros cervicales quinto a octavo y dorsal primero.

El material que emigra de cada metámero para formar el miembro arrastra consigo la raíz anterior del nervio metamérico (nervio raquídeo). Estas raíces nerviosas se entrecruzan y forman el plexo braquial, del que depende la inervación de la extremidad superior.

En el adulto el origen segmentario del miembro queda enmascarado, porque el material emigrante de los metámeros se entremezcla entre sí. Con ello resulta que todo músculo procede de más de un metámero (al menos de dos), y, en consecuencia, está inervado por fibras de dos o más nervios raquídeos. Sin embargo, el miembro superior, al igual que el inferior, puede considerarse que está constituido por unas franjas musculares metaméricas, que son los MIÓMEROS, y unas franjas cutáneas denominadas DERMÓMEROS (o dermatomas).

El conocimiento de la disposición metamérica de la extremidad superior tiene interés clínico para el diagnóstico de las lesiones radiculares del plexo braquial.

Desde un punto de vista didáctico, las franjas metaméricas musculares de la extremidad pueden ser referidas a ciertos relieves de la misma, en donde terminan los metámeros, considerando que las zonas cutáneas que recubren estas franjas son los correspondientes dermómeros. Las figuras 438 a 441 esquematizan este concepto didáctico de la metamería del miembro superior. Obsérvese (figs. 438 y 439) que el grupo muscular del quinto metámero cervical confluye hasta el muñón del hombro, y que los restantes son bandas musculares que se extienden por el borde externo del miembro hasta la muñeca (el sexto cervical), por la vecindad de dicho borde hasta el pulgar (el séptimo cervical), por las caras ventral y dorsal de la extremidad y dedos índice, medio y anular (el octavo cervical) y por el borde interno hasta el dedo meñique (el primero dorsal).

Cada una de estas franjas musculares está inervada por la correspondiente raíz del plexo braquial. Tal raíz envía la inervación fundamental, aunque hay que insistir en que también envía impulsos nerviosos a las bandas musculares vecinas.

Sobre estos esquemas de las figuras 438 y 439, pasemos a considerar ahora los músculos que corresponden a cada miómero de la extremidad superior.

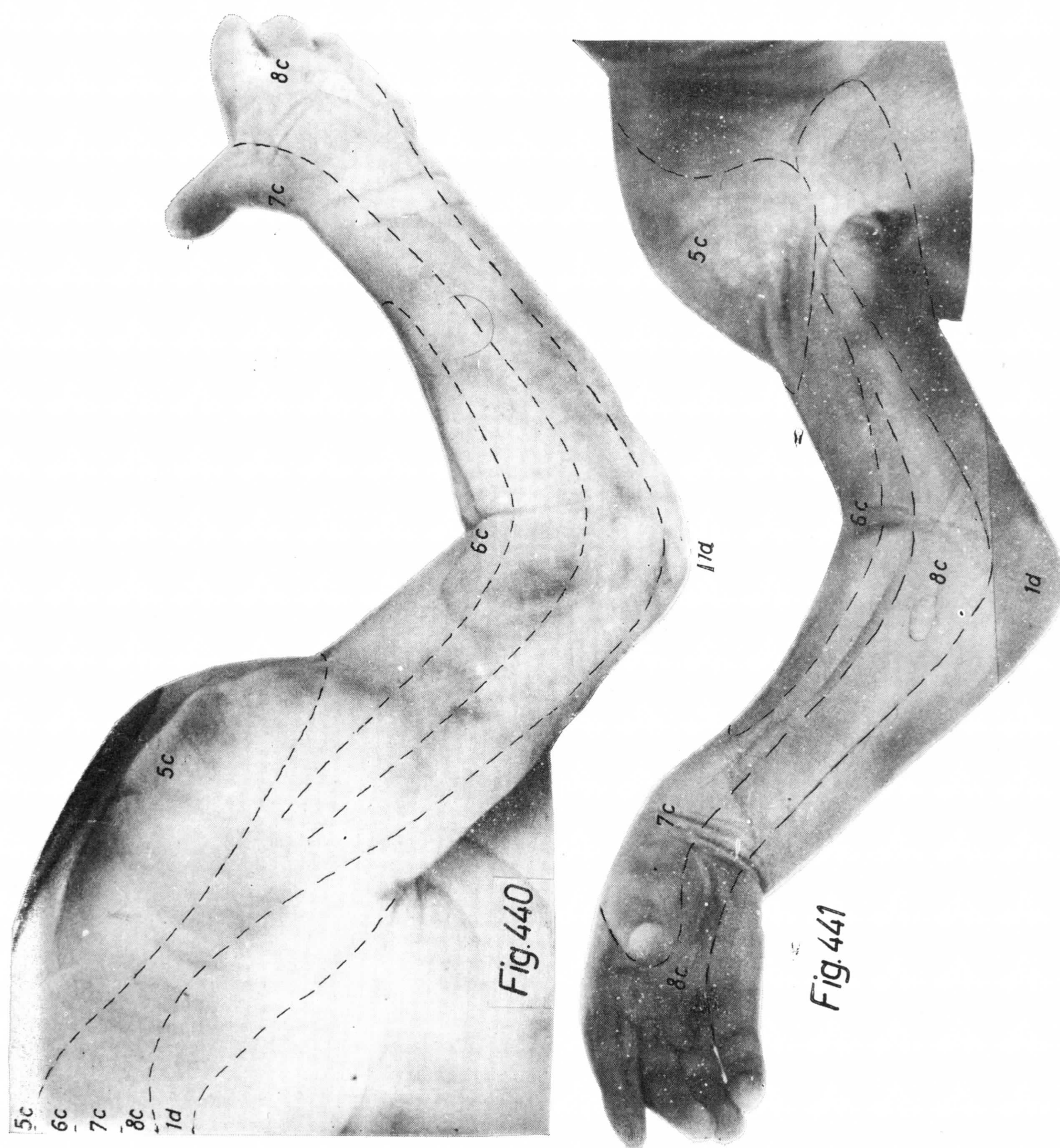
Quinto metámero cervical

Los músculos que forma este metámero confluyen en el muñón del hombro.

Son los músculos supraespinoso, infraespinoso, redondo menor y deltoides, que reci-



Figs. 438 y 439. — Franjas metamericas muscularesdel miembro superior, vistas por su cara posterior (fig. 438) y por su cara anterior (fig. 439).



FIGS. 440 y 441. — Franjas dermoméricas del miembro superior, vistas por su cara posterior (fig. 440) y por su cara anterior (fig. 441).

ben sus impulsos por la raíz anterior del nervio C5 a través de los nervios coracoideo y circunflejo.

Este metámero proporciona material para formar parte de los músculos que tienen un matiz respiratorio (mm. serrato mayor, pectoral mayor, pectoral menor y subclavio), cuyo impulso nervioso respiratorio se canaliza por la raíz C5.

Sexto metámero cervical

Los músculos que forma esta banda metamérica se caracterizan por tener un matiz supinador (no exclusivamente) y por formar unos relieves muy característicos en el brazo y antebrazo.

Corresponden a los mm. supinador largo, fascículo superficial del supinador corto y primero y segundo radiales, que dibujan el relieve externo del antebrazo.

En cuanto al brazo, el sexto metámero cervical origina el material constructivo del m. bíceps, músculo que también es supinador, aunque en él predomine la acción flexora, y del vasto externo del músculo tríceps.

Esta franja metamérica comprende también pequeñas partes de los mm. infraespinoso y redondo menor.

La inervación fundamental de estos músculos corre a cargo de la raíz C6, que integra parte de las fibras de los nervios radial y musculocutáneo.

Séptimo metámero cervical

Este grupo muscular forma una franja que confluye en el dedo pulgar.

En la región dorsal forma los mm. separador largo, extensor corto y extensor largo del pulgar, así como el fascículo profundo del supinador corto y la mayor parte del vasto externo del tríceps, que también se sitúa en la zona dorsal de este metámero.

En la región anterior pertenecen al metámero C7 músculos de la eminencia tenar (separador corto, oponente y flexor corto del pulgar, pero no el aproximador), así como los mm. flexor largo propio del pulgar, el pronador redondo, braquial anterior, coracobraquial y subescapular.

Todos estos músculos forman una franja continua tanto en la región anterior como en la posterior, cuya inervación principal le llega a través de la raíz anterior del nervio C7, canalizada por distintos nervios terminales o colaterales del plexo braquial.

Octavo metámero cervical

La franja muscular, amplia, se extiende por las regiones anterior y posterior del miembro hasta abarcar en la mano los dedos segundo, tercero y cuarto.

Los mm. extensor propio del índice, extensor común de los dedos y porción larga del tríceps integran la zona dorsal de la franja.

La zona ventral del metámero C8 está constituida por el m. aproximador del pulgar, m. pronador cuadrado, mm. flexores comunes (con excepción del fascículo del quinto dedo) y mm. palmares mayor y menor.

En el hombro integra la mayor parte del m. redondo mayor.

Primer metámero dorsal

Es una franja estrecha que recorre el borde interno del miembro hasta alcanzar el dedo meñique.

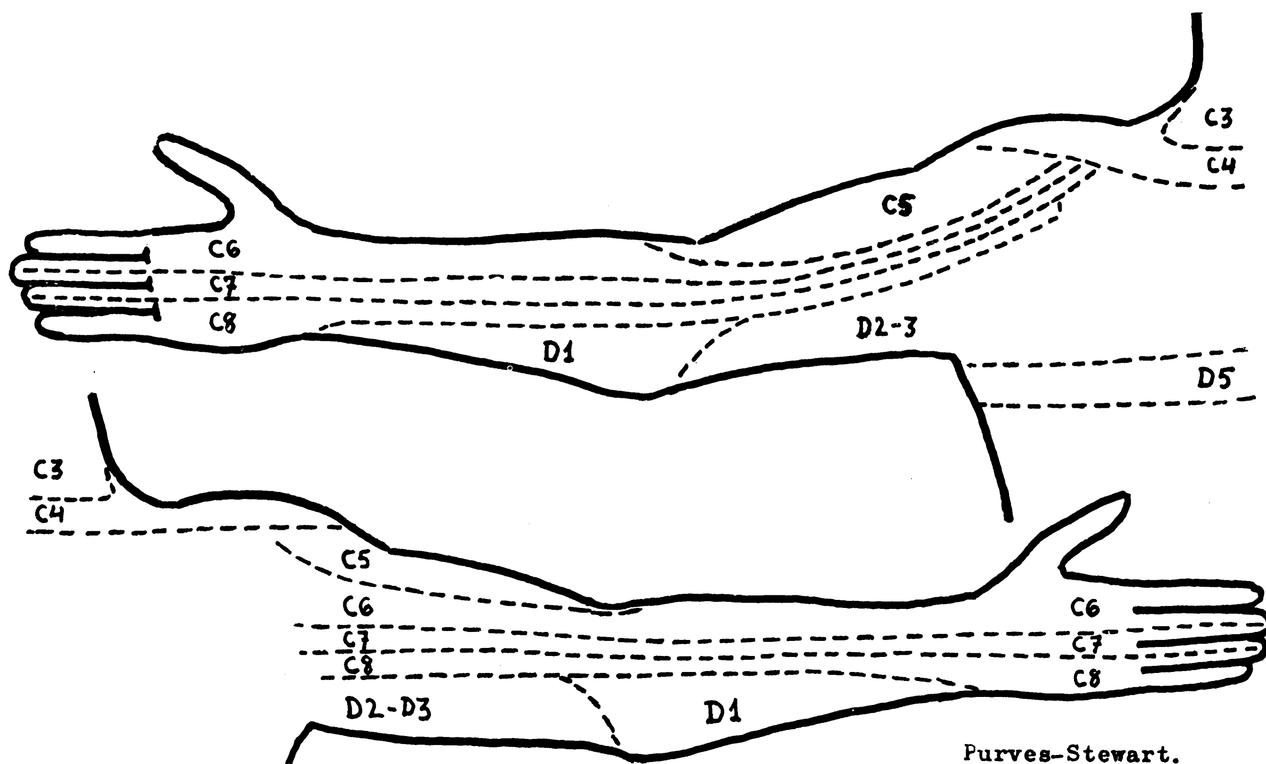
En su porción dorsal está integrado por los mm. cubital posterior y extensor propio del meñique. En su porción ventral está constituido por los músculos de la eminencia hipotenar, cubital anterior y los fascículos destinados al meñique de los músculos flexores comunes.

La mayor parte del material metamérico del m. dorsal ancho está proporcionado por el miómero D1.

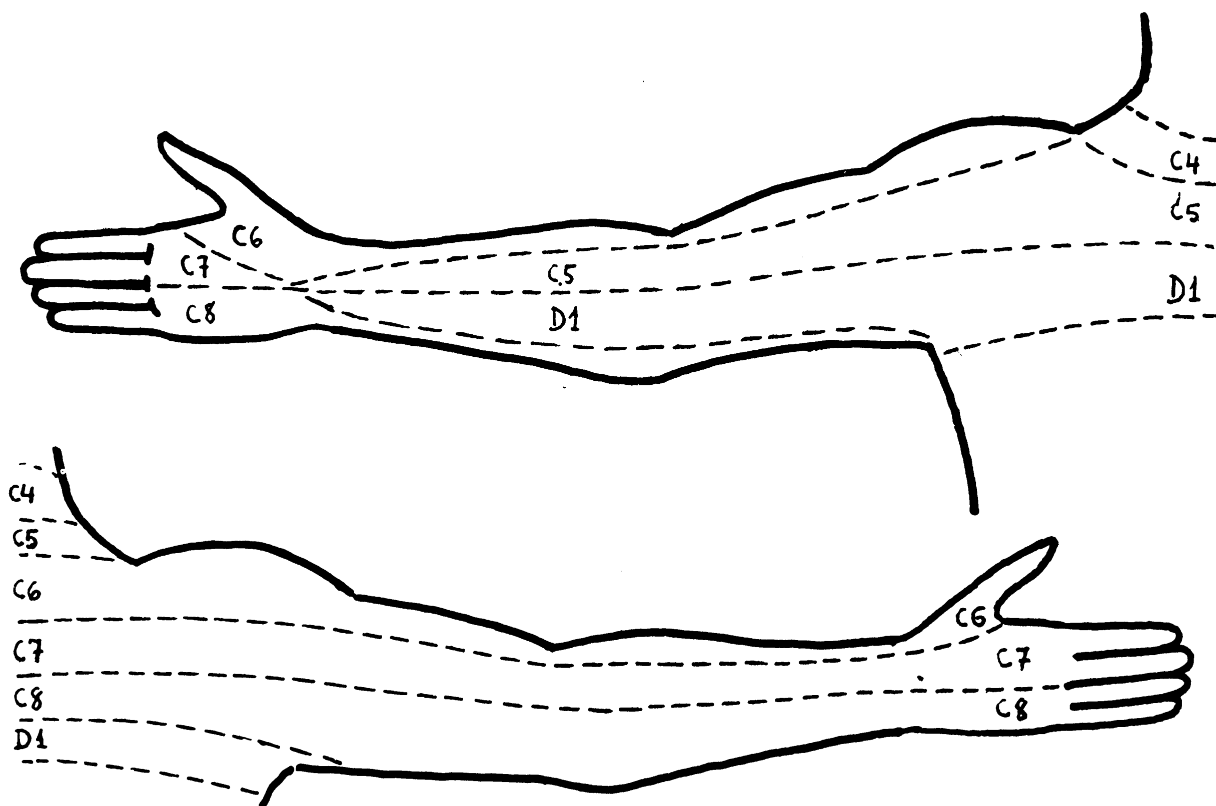
En esta relación no se han indicado algunos músculos que o bien están supeditados a otros mayores (como ocurre al m. ancóneo con respecto al

C7
C6
C5
C4
C3
C8
D1
D1
D2
D3
C4
C5
C6
C7
C8
D2
D1
Déjerine.

FIGS. 442 y 443. — Mapa de los dermatomas del miembro superior según Déjerine.

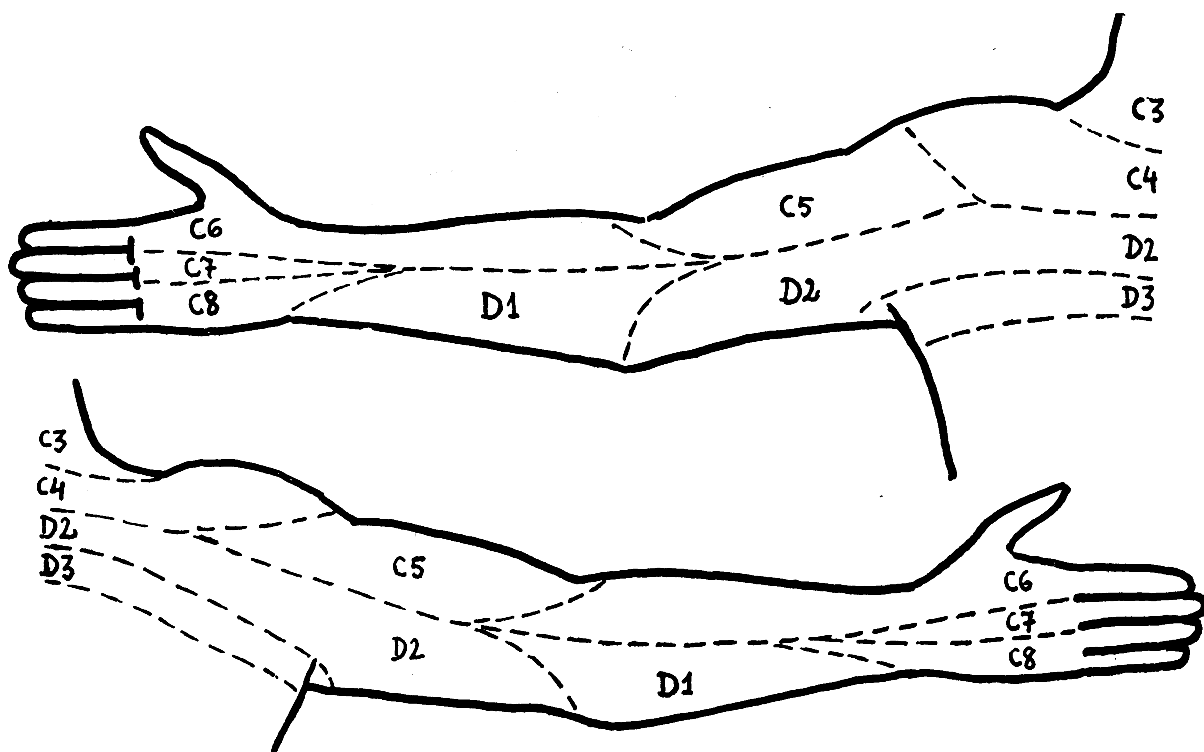


FIGS. 444 y 445. — Mapa de los dermatomas del miembro superior según Purves-Stewart.



Keegan y Garret.

FIGS. 446 y 447. — Mapa de los dermatomas del miembro superior según Keegan y Garret.



Foerster, Haymaker y Woodhall.

FIGS. 448 y 449. — Mapa de los dermatomas delmiembro superior según Foerster, Haymaker y Woodhall.

vasto externo del tríceps) o que por su clara situación en el metámero correspondiente no ha habido necesidad de precisarlos (mm. lumbricales e interóseos).

Se ha de insistir nuevamente que el mapa miomérico (figs. 438 y 439) es esquemático. Por ello, al final del capítulo se ofrece al lector una tabla de inervación del miembro superior, en la que tras cada músculo se reseñan las distintas raíces nerviosas que participan en su inervación, resaltando las que son fundamentales.

El mapa dermomérico que se ofrece en la figura 93 se ajusta a grandes rasgos a las bandas mioméricas de las figuras 440 y 441. Este mapa dermomérico se asemeja al clásico de DÉJERINE, que es el representado en las figuras 442 y 443. Obsérvese que presenta diferencias notables con el mapa dermomérico propuesto por PURVES-STEWART (figs. 444 y 445).

Investigadores actuales han esbozado mapas dermoméricos del miembro superior, no coincidentes entre sí ni con los anteriores. Entre los más ampliamente aceptados están el de KEEGAN y GARRET (figs. 446 y 447) y el de FOERSTER, HAYMAKER y WOODHALL (figuras 448 y 449).

PLEXO BRAQUIAL EN RELACIÓN CON LA METAMERÍA (Fig. 450)

Estudiados los sistemas neuromusculares, nervios cutáneos sensibles y metamería de la extremidad superior, el análisis del plexo braquial puede servir de resumen de todos estos conocimientos.

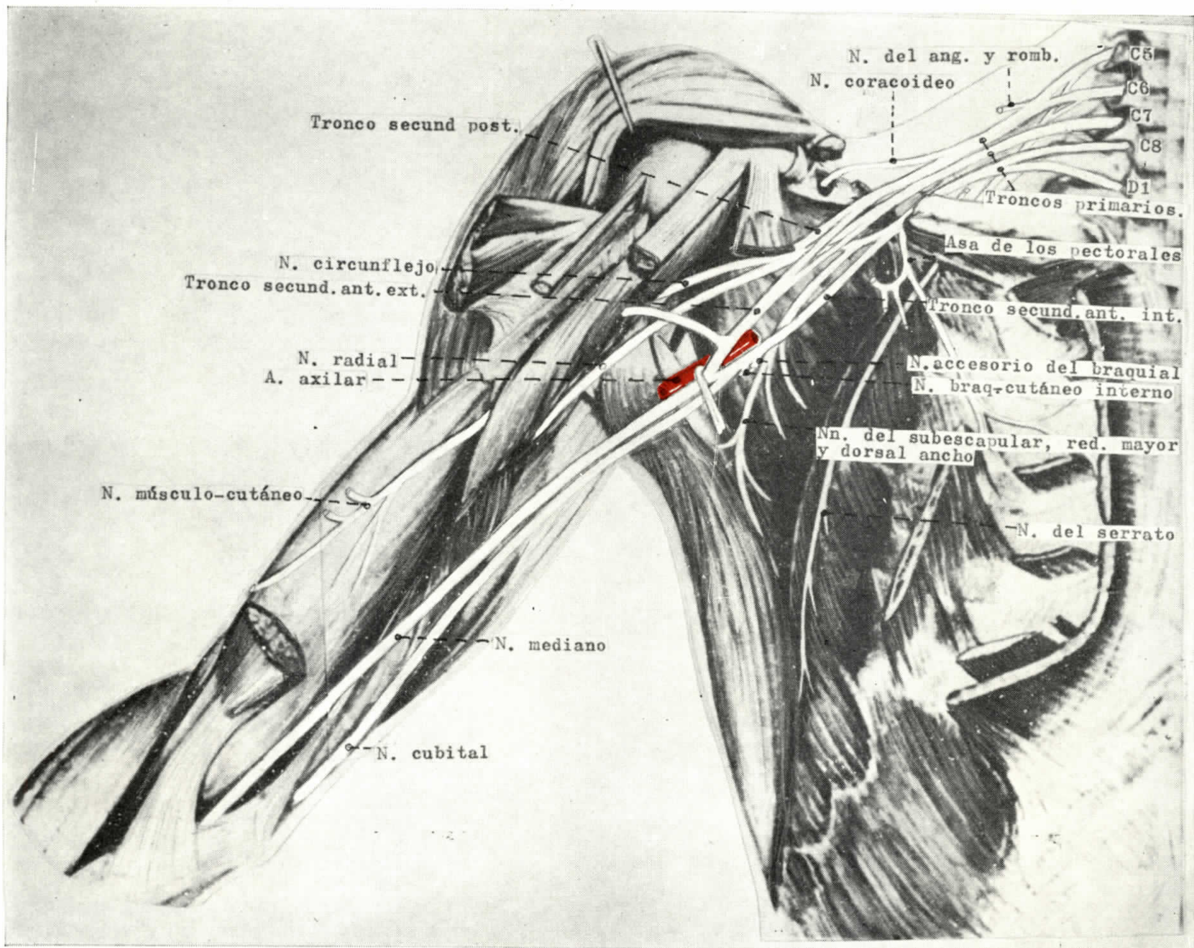
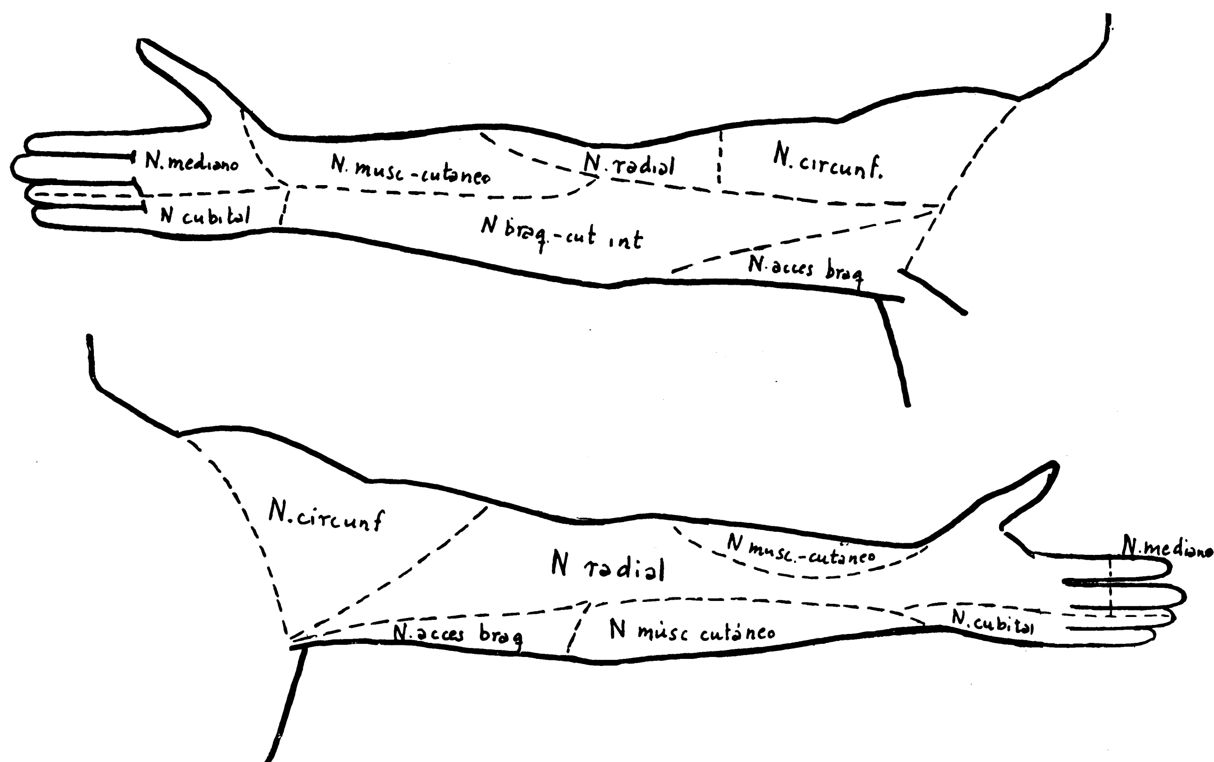


FIG. 450. — Plexo braquial.



FIGS. 451 y 452.— Territorios cutáneos de los nervios sensitivos del miembro superior, vistos por delante (fig. 451) y por detrás (fig. 452).

El PLEXO BRAQUIAL está constituido, como ya se ha dicho, por las ramas anteriores (o presomáticas) de los nervios raquídeos C5, C6, C7, C8 y D1.

Las ramas C5 y C6 se unen y forman el *tronco primario superior.* La C7 continúa aislada como *tronco primario medio.* La C8 recibe a la D1, que tiene un trayecto ascendente, y de su unión se forma el *tronco primario inferior.*

Cada uno de los troncos primarios se divide a su vez en dos ramas: una anterior y otra posterior.

Las ramas posteriores de los troncos primarios confluyen para formar el *tronco secundario posterior,* el cual da como *ramas terminales* el *nervio circunflejo* y el *nervio radial.*

Las ramas anteriores de los troncos primarios también confluyen. La del tronco primario superior se une a la rama anterior del tronco primario medio y forma un *tronco secundario anteroexterno.* La rama anterior del tronco primario inferior constituye por sí sola el *tronco secundario anterointerno.* Los dos troncos secundarios se reúnen y de su vértice sale como rama terminal el *nervio mediano.* El *nervio musculocutáneo* es rama terminal del tronco secundario anteroexterno. El *nervio cubital* es rama terminal del tronco secundario anterointerno.

Estas ramas terminales son mixtas (motoras y sensibles). Como ramas terminales se describen en los tratados clásicos nervios exclusivamente sensibles, tales como el *nervio braquialcutáneo interno* (=nervio cutáneo medial del antebrazo) y su *accesorio* (=nervio cutáneo medial del brazo). Estos nervios se incorporan al tronco secundario anteroexterno.

Además de las ramas terminales, el plexo tiene ramas colaterales, que son únicamente motoras, y que se dividen en posteriores y anteriores.

Las *ramas colaterales posteriores* son: el *nervio del angular y del romboides,* el *ner-*

vio del serrato mayor (=nervio respiratorio), el *nervio supraescapular o coracoideo*, el *nervio superior del subescapular*, el *nervio inferior del subescapular*, el *nervio del redondo mayor* y el *nervio dorsal ancho*.

El nervio inferior del subescapular y el nervio del redondo mayor pueden salir de un tronco común, y no es raro que este tronco dé también el nervio del dorsal ancho.

Las *ramas colaterales anteriores* están destinadas a los músculos de la pared anterior de la axila. Son el *nervio del subclavio*, el *nervio del pectoral mayor* y el *nervio del pectoral menor*. Los dos últimos se anastomosan entre sí y forman el asa de los pectorales.

El nervio circunflejo está integrado por fibras que proceden de las raíces C5 y C6. El nervio radial por fibras de las C6, C7, C8 y D1. El nervio musculocutáneo de las C5 y C6. El nervio mediano está integrado por fibras que proceden de las C6 y C7 (raíz externa) y de las C8 y D1 (raíz interna). El nervio cubital está constituido por fibras de las C8 y D1.

Las fibras nerviosas del braquial cutáneo interno se incorporan en definitiva a las raíces C8 y D1, y las de su accesorio a la D1.

Las *lesiones del plexo* son frecuentes y pueden ocurrir en las raíces (lesiones radiculares, que tienen características metaméricas), en los troncos primarios y en los secundarios (lesiones tronculares, en las que pueden estar afectas una o varias raíces) y en los troncos terminales.

El conocimiento de los mapas dermoméricos, así como los de distribución de los nervios sensibles periféricos, contribuyen a diferenciar las lesiones radiculares de las lesiones de los troncos terminales, al poderse explorar determinadas zonas de anestesia.

Las lesiones se acompañan también de parálisis, pero, como ya se ha dicho, los músculos, por lo general, están constituidos por varios miómeros y, por lo tanto, inervados por fibras que proceden al menos de dos raíces nerviosas.

TABLA DE INERVACIÓN DE LOS MÚSCULOS DEL MIEMBRO SUPERIOR *

1.° Ramas colaterales del plexo braquial

A) Posteriores

1. *N. del serrato mayor* (C5-**C6**-C7-C8).
2. *N. del angular y de los romboides:* Mm. romboides (C4-**C5**-C6) y m. elevador de la escápula (**C3**-**C4**-C5).
3. *N. coracoideo:* M. supraespinoso (C4-**C5**-C6) y m. infraespinoso (C4-**C5**-**C6**).
4 y 5. *Nn. superior e inferior del subescapular:* M. subescapular (**C5**-**C6**-C7).
6. *N. del redondo mayor* (**C5**-**C6**-C7).
7. *N. del dorsal ancho* (C5-C6-**C7**-C8-D1).

B) Anteriores

1. *N. del subclavio* (C3-**C4**-**C5**-C6-C7-C8).
2. *N. del pectoral menor* (**C8**-**D1**).
3. *N. del pectoral mayor* (C5-**C6**-**C7**-**C8**-D1).

2.° Ramas terminales del plexo

A) Posteriores

1. *N. circunflejo:* M. redondo menor (C4-**C5**-**C6**-C7) y m. deltoides (C4-**C5**-**C6**-C7).
2. *N. radial:* M. tríceps: porción larga (C6-**C7**-**C8**); vasto interno (C6-**C7**-**C8**) y vasto externo (C6-**C7**-**C8**).
   M. supinador largo (**C5**-**C6**). — M. primer radial (C5-**C6**-**C7**-**C8**). — M. segundo radial (C5-**C6**-**C7**-**C8**).
   M. separador largo del pulgar (**C6**-**C7**-C8-D1). — M. extensor corto del pulgar (**C6**-**C7**-C8-D1). — M. extensor largo del pulgar (C6-**C7**-**C8**-**D1**). — M. extensor propio del índice (C6-**C7**-**C8**-D1). — M. supinador corto (**C5**-C6-C7).
   M. extensor común de los dedos (**C6**-**C7**-**C8**). — M. extensor propio del meñique (C6- **C7**-**C8**-D1). — M. cubital posterior (C6-**C7**-**C8**). — M. ancóneo (C7-C8).

B) Anteriores

3. *N. músculo-cutáneo:* M. braquial anterior (**C5**-**C6**). — M. coracobraquial (C5-**C6**-**C7**-C8). — M. bíceps braquial (**C5**-**C6**).
4. *N. mediano:* M. separador corto del pulgar (C6-C7). — M. oponente del pulgar (C6-C7). — Fascículo superficial del m. flexor corto del pulgar (C6-C7). — Mm. lumbricales (C6-C7). — M. pronador cuadrado (C6-C7-**C8**-D1). — El fascículo externo del m. flexor común profundo (todo el músculo: C7-**C8**-**D1**). — M. flexor propio del pulgar (C6-**C7**-**C8**-D1). — M. flexor común superficial (**C7**-**C8**-**D1**).
   M. pronador redondo (C5-**C6**-**C7**). — M. palmar mayor (**C6**-**C7**-C8). — M. palmar menor (C6-**C7**-**C8**-D1).
5. *N. cubital:* Mm. interóseos, lumbricales 3.° y 4.,° músculos de la eminencia hipotenar (C7-C8). — M. aproximador del pulgar y fascículo profundo del m. flexor corto del pulgar (C6-C7).
   El fascículo interno del m. flexor común profundo (todo el músculo: C7-**C8**-**D1**). — M. cubital posterior (C7-**C8**-**D1**).

---

* La inervación metamérica de los músculos ha sido tomada fundamentalmente de HOLLINSHEAD, W. H. (1958). *Anatomy for Surgeons*, vol. 3. Ed. A. Hoeber-Harper Book.

Entre paréntesis aparecen las distintas raíces metaméricas que inervan al músculo correspondiente, resaltando aquellas que tienen más importancia en la inervación del músculo.

CAPÍTULO 68

SÍNTESIS DE LA INERVACIÓN DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR Y CONSIDERACIONES APLICATIVAS

Las lesiones de las ramas terminales del plexo braquial originan *parálisis de los músculos* inervados por ellos y *zonas de anestesia en la piel*, cuya sensibilidad es recogida por nervios periféricos que se incorporan a los troncos, pues ha de recordarse que todas las ramas terminales son nervios mixtos, con excepción del braquialcutáneo interno y su accesorio, exclusivamente sensibles. Además de las parálisis y de las zonas de anestesia, las lesiones de los nervios originan a la larga *atrofia de los músculos*, con lo cual desaparecen los relieves musculares. Estas atrofias se deben a la falta de impulsos nerviosos y a la inactividad del músculo paralizado.

En las lesiones de los nervios hay que tener en cuenta también las actitudes que toma el miembro debido a que en toda posición de reposo existe un equilibrio entre determinado grupo muscular y el antagónico. Este equilibrio queda roto cuando un músculo se paraliza, con lo cual se deja sentir la acción del músculo antagónico. Si, por ejemplo, se paraliza un músculo extensor, se rompe el equilibrio flexión-extensión a favor del músculo flexor sano.

LESIONES DE LAS RAMAS TERMINALES DEL PLEXO BRAQUIAL

a) Ramas posteriores

1.° *Nervio circunflejo*

El sistema neuromuscular del circunflejo realiza la separación y elevación del miembro superior (músculo deltoides) y la rotación externa (músculo redondo menor). Al nervio circunflejo se le incorpora el *nervio cutáneo lateral del brazo*, que recoge la sensibilidad del muñón del hombro y de la parte superior y externa del brazo (figs. 432 y 433).

El nervio circunflejo puede lesionarse en las fracturas del cuello quirúrgico, al cual contornea.

La sección del nervio circunflejo conduce a parálisis de los músculos inervados por él. El único síntoma que destaca es la falta de acción del músculo deltoides. La rotación externa, que imprime al húmero el músculo redondo menor, no está dificultada gracias al músculo infraespinoso (sistema neuromuscular del supraescapular) de mayor potencia rotadora.

Por lo tanto, el hecho que destaca más es que el paciente no puede levantar su brazo. Además hay una zona de anestesia correspondiente al nervio cutáneo lateral del brazo (anestesia del territorio cutáneo del circunflejo, figs. 451 y 452).

2.° *Nervio radial*

Recuérdese que el sistema neuromuscular del nervio radial realiza las siguientes funciones: 1.ª, deshacer la pronación por medio de músculos supinadores (supinador corto y supinador largo); 2.ª, deshacer la flexión de la mano a nivel de la muñeca por medio de músculos extensores de la mano (los dos radiales y el músculo cubital posterior; 3.ª, deshacer la pinza manual, actuando

sobre el pulgar (músculos separador largo, extensor corto y extensor largo del pulgar) y actuando sobre el índice (músculo extensor propio del índice); 4.ª, deshacer la flexión de los dedos (los extensores del pulgar y del índice, ya citados y, además, el extensor común y extensor propio del meñique); 5.ª, deshacer la flexión del codo (músculos ancóneo y tríceps braquial).

A este nervio, y a distintas alturas, se incorporan tres ramas sensibles: 1.º, la *rama superficial* (fig. 433) del nervio radial, que recoge la sensibilidad de la parte externa del dorso de la mano (hasta la línea que pasa por el eje longitudinal del dedo medio), pero no alcanza el dorso de las falanges media y distal de los dedos índice y medio; 2.º, el *nervio cutáneo posterior del antebrazo* (fig. 433), que se incorpora al tronco nervioso a nivel del canal de torsión del húmero, y recoge la sensibilidad de la zona intermedia del dorso del antebrazo; 3.º, el *nervio cutáneo posterior del brazo* (fig. 433), que recoge la sensibilidad de la parte lateral e inferior del brazo, y se incorpora al tronco radial en la parte alta del triángulo humerotricipital.

La *sección alta* del nervio radial conduce, pues, a la parálisis de todos los músculos por él inervados y a una zona de anestesia.

La parálisis del nervio radial se caracteriza por tener dificultadas o impedidas las acciones que él realiza (supinación, extensión de la mano, de los dedos, etc.). Sin embargo, algunas de estas acciones pueden ser realizadas por otros músculos, no inervados por el radial. Así, la supinación no se dificulta mucho, porque el músculo bíceps, además de ser flexor del antebrazo sobre el brazo, tiene acción supinadora.

La zona de anestesia corresponde a todo el territorio señalado en las figuras 451 y 452.

La actitud que adopta el miembro superior es debida a la acción de los músculos antagónicos. La mano está ligeramente pronada y flexionada, los dedos están flexionados y el codo también.

Con el tiempo aparecen atrofias musculares, que se caracterizan por la falta de relieve que en la parte lateral del antebrazo originan los músculos supinador largo y radiales.

Todos estos síntomas corresponden a una lesión alta del nervio radial, pero ésta puede lesionarse muy frecuentemente a nivel del canal de torsión al fracturarse la diáfisis del húmero. En el caso de *lesión a nivel del canal de torsión* existen todos los síntomas antes indicados, salvo la parálisis del músculo tríceps braquial (pues sus ramas suelen salir más altas). Tampoco está afectado el territorio del nervio cutáneo lateral del brazo. Es decir, que el paciente puede hacer la extensión activa del codo y su territorio de anestesia es más pequeño que en el caso de lesión alta.

b) **Ramas anteriores**

3.º *Nervio musculocutáneo*

Este sistema neuromuscular realiza la flexión del antebrazo sobre el brazo (músculos braquial anterior y bíceps) y la flexión y aproximación del brazo (músculos coracobraquial y bíceps). A nivel del espacio entre los músculos braquial anterior y bíceps se incorpora al nervio su rama sensible o *nervio cutáneo lateral del antebrazo* (fig. 432).

La lesión de este nervio produce la parálisis de sus músculos, que se manifiesta fundamentalmente por la dificultad de flexionar el antebrazo sobre el brazo (acción de los músculos braquial anterior y bíceps), aunque el paciente puede flexionar un tanto el antebrazo, ya que el músculo supinador largo (inervado por el nervio radial) es también un flexor. La parálisis del coracobraquial apenas se manifiesta porque su acción es realizada también por otros músculos del muñón del hombro.

La zona de anestesia corresponde a la del territorio inervado por el nervio cutáneo lateral del antebrazo (figs. 451 y 452).

Con el tiempo aparece la atrofia, que se hace muy patente por la falta del relieve del músculo bíceps.

4.º *Nervio mediano*

El sistema neuromuscular del mediano es el principal activador de la pinza de la mano, ya que actúa sobre el pulgar (músculo flexor largo del pulgar, fascículo superficial del músculo flexor corto del pulgar, oponente del pulgar y separador corto del pulgar) y sobre las otras ramas de la pinza (fascículo externo del músculo flexor común profundo, destinado a los dedos índice y medio); coloca la mano en pronación (músculos pronador cuadrado

y pronador redondo); flexiona las falanges (además del fascículo externo del músculo flexor común profundo, está el músculo flexor común superficial que actúa sobre la segunda falange, e incluso los lumbricales primero y segundo que flexionan la primera falange y extienden las otras dos); y, por último, flexiona la mano (músculos palmar mayor y palmar menor).

Al nervio mediano se incorporan los *nervios digitales palmares propios y comunes* (figs. 432 y 433), que recogen la sensibilidad de la parte externa de la palma de la mano hasta una línea que pasa por el eje longitudinal del dedo anular, y la sensibilidad del dorso de las falanges segunda y tercera de los dedos índice, medio y parte externa del anular.

La lesión del nervio supone, por lo tanto, la parálisis de los músculos que de él dependen y la anestesia de la zona cutánea que le corresponde.

El paciente no puede activar la pinza ni pronar la mano ni flexionar los dedos ni flexionar la mano. Ahora bien, algunas de estas acciones pueden ser realizadas por músculos de otros sistemas. Por ejemplo, la imposibilidad de flexionar los dedos es completa en lo que se refiere a las falanges distales del pulgar, del índice y del medio (aunque las primeras falanges de los dedos índice y medio podrán ser flexionadas por los músculos interóseos, y la primera del pulgar por el fascículo profundo del músculo flexor corto del pulgar), pero no así en lo referente al anular y al meñique, porque éstos se flexionan gracias al fascículo interno del músculo flexor común profundo, que está inervado por el cubital. Por ello, cuando a un paciente con lesión del nervio mediano se le manda cerrar la mano para formar puño, lo único que puede hacer bien es la flexión de los dos últimos dedos.

La flexión de la mano tampoco está impedida por completo, ya que el músculo cubital anterior (=músculo flexor cubital del carpo) es flexor de la mano, pero al mismo tiempo que la flexiona la aproxima al eje del cuerpo.

El territorio de anestesia corresponde al señalado en las figuras 451 y 452.

La mano de la parálisis del mediano adopta una actitud típica, que se designa como «mano de mono». Es debida a que el pulgar se coloca en la misma fila que el resto de los dedos, por parálisis del oponente y del separador corto por una parte, y por otra por la tracción que ejerce el músculo aproximador del pulgar (inervado por el cubital), al que le falta la acción antagónica del músculo separador corto del pulgar. Esta semejanza con la mano de mono se acentúa por la atrofia de la eminencia tenar.

5.º *Nervio cubital*

Su sistema neuromuscular, como ya se dijo, se especializa en el acto de empuñar, que es un modo de asir los objetos (aprehensión de eje longitudinal).

Recuérdese que las acciones fundamentales de este sistema neuromuscular son: flexión de las falanges proximales sobre los cuatro últimos metacarpianos (músculos interóseos palmares y dorsales, y los lumbricales tercero y cuarto); los movimientos del quinto dedo y las arrugas de la piel de la parte interna y superior de la palma de la mano (acciones de los músculos de la eminencia hipotenar: oponente, flexor corto y separador del meñique y palmar cutáneo); aproximación y ligera flexión del pulgar y fascículo superficial del flexor corto; flexión de todas las falanges de los dedos anular y meñique (parte interna del músculo flexor común de los dedos); flexión y aproximación de la mano (músculo cubital anterior). Además, la aproximación de unos dedos a otros y cerrarlos con fuerza es una acción específica del sistema neuromuscular (músculos interóseos palmares y aproximador del pulgar). La separación de los dedos es obra de los interóseos dorsales y del separador del meñique; pero el pulgar es separado por músculos inervados por el mediano (separador corto) y por el radial (separador largo).

El nervio cubital recibe la *rama superficial* (figura 432), que es sensible (territorio de la zona interna de la cara palmar de la mano, situada por dentro del eje longitudinal del anular), y la *rama dorsal de la mano* (fig. 433), también sensible (territorio de la parte interna del dorso de la mano, situada por dentro de una línea que pasa por el eje longitudinal del dedo medio, aunque hay que tener en cuenta que el dorso de las falanges segunda y tercera de los dedos índice y medio y parte externa del anular es territorio radial).

La lesión del nervio cubital, frecuente en las fracturas de la epitróclea (recuérdese que el nervio pasa por detrás de la epitróclea), origina la parálisis de los músculos por él inervados. Uno de los síntomas más característicos es la imposibilidad de separar los dedos (en forma de abanico) y sobre todo la de

volverlos a aproximar (por parálisis de los músculos interóseos). La flexión de la mano (acción del músculo cubital anterior) la pueden realizar los músculos palmares (del sistema del mediano). Hay imposibilidad de flexionar las falanges distales de los dedos anular y meñique, pero esta acción está enmascarada por la del músculo flexor común superficial (del mediano) que tracciona de las falanges segundas.

La zona de anestesia se limita a zonas dorsales y palmares de la mano (figs. 451 y 452).

Una de las características más importantes de la lesión del nervio cubital es la actitud de la mano, que adopta la llamada «garra cubital». Los dedos anular y meñique presentan hiperextendidas sus primeras falanges y flexionadas las segundas y terceras. Se debe a la falta de la acción de los músculos interóseos.

Al cabo de cierto tiempo hay atrofia de la eminencia hipotenar.

6.º *Braquialcutáneo interno*
(=nervio cutáneo medial del antebrazo)

Su acción origina tan sólo una zona de anestesia (figs. 451 y 452), pues este nervio es exclusivamente sensible.

7.º *Accesorios del braquialcutáneo interno*
(=nervio cutáneo medial del brazo)

Nervio exclusivamente sensible, su lesión produce la zona de anestesia correspondiente (figs. 451 y 452).

El nervio accesorio se anastomosa con el segundo nervio intercostal, por donde puede desviarse la corriente nerviosa sensible en busca del tubo nervioso. Por ello, cuando hay una lesión completa del plexo braquial, todo el miembro queda paralizado y anestesiado, salvo una pequeña área de la parte interna del brazo, cuya corriente sensible camina por la desviación anastomótica hacia el segundo intercostal.

CAPÍTULO 69

ESTUDIO ANALÍTICO DE LOS HUESOS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR. CLAVÍCULA, ESCÁPULA, RADIO Y CÚBITO

Finalizado el estudio de la extremidad superior, y al igual que se hizo con la inferior, se recopilan en el presente capítulo los detalles óseos, que han surgido a propósito de inserciones musculares, del paso de vasos y nervios, etc. Con ello se completa el estudio de los huesos, que se inició en los capítulos, los huesos de la mano han sido estudiados con mayor detenimiento, por lo que ahora no se insiste más sobre ellos.

CLAVÍCULA (Figs. 453 y 454)

Hueso largo con dos extremidades y un cuerpo.

La EXTREMIDAD EXTERNA o acromial es aplanada. La EXTREMIDAD INTERNA o esternal es ensanchada.

El CUERPO está incurvado en forma de «S» itálica, pues desde el acromion la clavícula se dirige al esternón. En este recorrido ha de adaptarse a la convexidad de la parte superior del tórax, por lo que su curva interna es cóncava hacia atrás.

En el cuerpo hay que distinguir: 1.°, un *borde anterior*, en cuya parte interna se inserta el músculo pectoral mayor y en su parte externa el músculo deltoides; 2.°, un *borde posterior*, en cuya parte externa se inserta el músculo trapecio; 3.°, una *cara superior*, en la que en su parte interna hay rugosidades determinadas por el músculo esternocleidomastoideo; 4.°, una *cara inferior*, que presenta hacia su parte media un canal determinado por el músculo subclavio (*canal del subclavio*) y hacia la parte externa rugosidades originadas por las inserciones de ligamentos coracoclaviculares (trapezoide y conoide).

ESCÁPULA (Figs. 455 y 456)

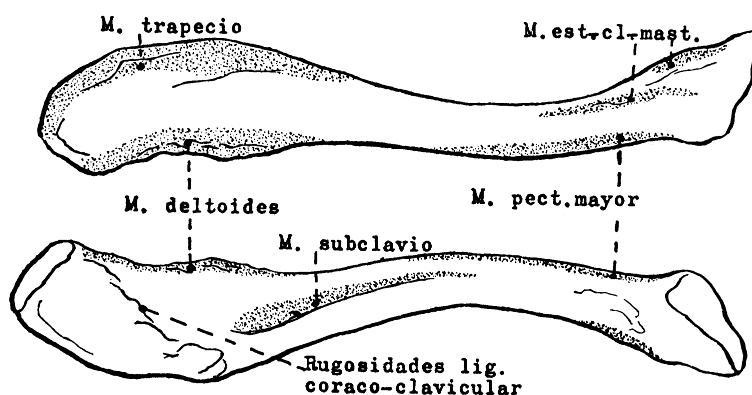
La escápula (u omoplato) es un hueso plano en forma de placa triangular con el vértice hacia abajo. Presenta dos caras y tres bordes.

La CARA INTERIOR está excavada en forma de fosa, la *fosa subescapular*, y en ella se inserta el músculo subescapular. Por dentro de la inserción del músculo subescapular, y a lo largo del borde interno, se inserta el músculo serrato mayor.

La CARA POSTERIOR está dividida en dos partes por la *espina de la escápula*. La parte superior o *fosa supraespinosa* es la que da inserción en sus dos tercios internos al músculo supraespinoso. Por debajo de la espina se encuentra la *fosa infraespinosa*, que en sus tres cuartos internos da inserción al músculo infraespinoso. En el cuarto externo, y a lo largo del borde externo del hueso, se inserta el músculo redondo menor arriba y el redondo mayor abajo. Con frecuencia hay una cresta que separa la inserción del músculo infraespinoso de la de los redondos, y otra que separa las superficies de inserción de ambos músculos redondos.

La *espina de la escápula* es un satélite óseo que sobresale casi horizontalmente de la cara posterior de la escápula. Tiene dos caras, superior e inferior, que contribuyen a formar parte de las fosas supraespinosa e infraespinosa, respectivamente. La espina se prolonga hacia afuera y arriba por el *acromion*. En el labio superior del borde posterior de la espina y en el borde interno (que se continúa con el borde posterior de la clavícula) del acromion se inserta el músculo trapecio; en el labio inferior del borde posterior de la espina y en el borde externo (que se continúa con el borde anterior de la clavícula) del acromion se inserta el músculo deltoides.

El BORDE SUPERIOR presenta hacia la parte externa la *escotadura coracoidea*, convertida en conducto osteofibroso por el ligamento coracoideo. Por este conducto pasa el nervio coracoideo. Por fuera de la escotadura se halla la *apófisis coracoides*, en la que se insertan ligamentos (coracoclaviculares y coracoacromial) y músculos: en su vér-



FIGS. 453 y 454. — Clavícula, vista por arriba y por debajo.

tice el tendón de los músculos coracobraquial y porción corta del bíceps y en su lado interno el músculo pectoral menor.

El BORDE INTERNO o espinal da inserción a los músculos romboides menor y mayor.

El BORDE EXTERNO o axilar —en cuya vecindad en la cara posterior se insertan los músculos redondos— da inserción por arriba a la porción larga del tríceps.

Además existen tres ÁNGULOS: *inferior,* en donde se inserta un fascículo del músculo dorsal ancho; *superior,* en donde se inserta el músculo elevador de la cápsula; *externo,* en el que se halla la *cavidad glenoidea.*

HÚMERO (Figs. 457 y 458)

Hueso largo, en el que hay que distinguir dos extremidades y un cuerpo.

La EXTREMIDAD SUPERIOR presenta elementos de sobra conocidos: la *cabeza,* el *cuello anatómico* y dos tuberosidades, las cuales están determinadas por inserciones de músculos, que son verdaderos ligamentos activos de la articulación escapulohumeral. Estas tuberosidades son: una interna y anterior, el *troquín,* determinada por la inserción del tendón del músculo subescapular, y otra externa o *troquiter,* en donde escalonadamente se insertan los tendones de los músculos supraespinoso, infraespinoso y redondo menor. Ambas tuberosidades están separadas por un canal, excavado por el tendón de la porción larga del bíceps y llamado *corredera bicipital.* En el labio externo (o anterior) de la corredera se inserta el tendón del músculo pectoral mayor; en su fondo el del músculo dorsal ancho, y en el labio interno el del músculo redondo mayor.

El CUERPO es prismático triangular y presenta tres caras, separadas por tres bordes, de los cuales el borde anterior prolonga hacia abajo el labio externo de la corredera bicipital.

En la parte media de la *cara interna* hay una rugosidad, originada por la inserción del músculo coracobraquial; hacia la misma altura de la *cara externa* hay otra rugosidad que con la parte contigua del borde anterior forma un ángulo abierto hacia arriba: es la «*V*» *deltoidea,* originada por la inserción del músculo deltoides. Por debajo de la inserción de estos dos músculos, la cara externa, el borde anterior y la cara interna sirven de amplia inserción al músculo braquial anterior. En la parte inferior del borde externo se inserta el músculo supinador largo.

La *cara posterior* merece estudio aparte, pues está recorrida de arriba afuera por un canal, a cuyo nivel parece haberse torcido el húmero. Por ello recibe el nombre de canal de torsión y también el de *canal del radial,* pues por él pasa este nervio acompañado de su arteria satélite o humeral profunda. En toda la amplia superficie que hay debajo del canal, la cara posterior del húmero da inserción al vasto interno; por arriba del canal se inserta en el vasto externo.

La EXTREMIDAD INFERIOR fue estudiada muy detenidamente con la articulación del codo, y ahora no hay más que recordar sus componentes: *tróclea* y *cóndilo,* separados por el *canal condilotroclear,* y las *fosas* anteriores *(coronoidea y supracondílea)* y la posterior (u *olecraniana*). Presenta también dos eminencias laterales, en las que se insertan los ligamentos laterales de la articulación del codo, y que son la *epitróclea* por dentro y el *epicóndilo* por fuera. Estas eminencias no articulares de la extremidad inferior sirven de inserción a muchos músculos: músculos epitrocleares (cubital anterior, flexor común superficial, pronador redondo, palmar mayor y palmar menor) y músculos epicondíleos (supinador corto, radiales, extensor común, extensor propio del meñique, cubital posterior y ancóneo).

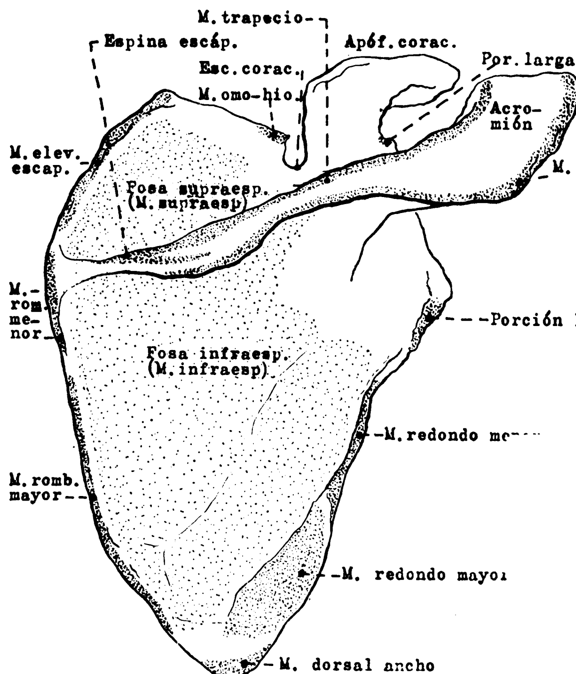


FIG. 455

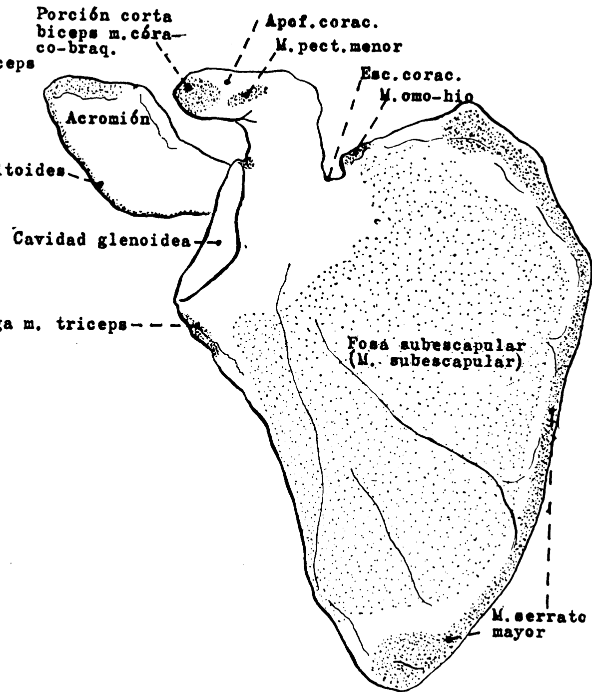


FIG. 456

Escápula, vista por detrás (fig. 455) y por delante (fig. 456).

RADIO (Figs. 459 y 460)

Hueso externo del antebrazo. Es un hueso largo con dos extremidades y un cuerpo.

La EXTREMIDAD SUPERIOR o *cabeza* forma parte de la articulación del codo. Presenta la *cúpula radial*, que se desplaza por el cóndilo humeral durante los movimientos de flexión y extensión del codo. El *contorno de la cabeza*, liso y articular, que está en contacto con la cavidad sigmoidea menor del cúbito y con el ligamento anular. Hacia abajo, la cabeza se continúa con el *cuello*, en cuya superficie se inserta el músculo supinador corto. En la parte interna de la extremidad superior aún puede distinguirse una tuberosidad determinada por la inserción del tendón del bíceps *(tuberosidad bicipital)*.

El CUERPO es prismático triangular, en el que destacan tres caras separadas por tres bordes. De éstos, el *borde interno* es el más cortante, pues está determinado por la inserción de la membrana interósea. El *borde anterior* en su parte alta es oblicuo hacia abajo y afuera (parece que se inicia en la tuberosidad bicipital), para hacerse más abajo anteroexterno; en la porción oblicua del borde anterior se inserta el músculo flexor común superficial de los dedos. El *borde posterior* es, en realidad, posteroexterno.

Los tres bordes dividen al cuerpo en tres caras. En la *cara anterior* se insertan los músculos flexor largo del pulgar por arriba, y por abajo el músculo pronador cuadrado.

En la parte alta de la *cara externa* se inserta el músculo supinador corto (inserción que es una continuación de la del cuello. Téngase en cuenta que la parte alta de la cara externa, debido a la inclinación del borde anterior, es también anterior). Hacia la parte media de la cara externa existe una rugosidad originada por la inserción del pronador redondo.

En la *cara posterior*, y de arriba abajo, se encuentran las superficies de inserción del supinador corto, del separador largo del pulgar y del extensor corto del pulgar.

La EXTREMIDAD INFERIOR es más ensanchada, y hacia abajo y afuera se prolonga por la *apófisis estiloides*, en donde se inserta en tendón inferior del músculo supinador largo.

En la parte interna existe la *cavidad sigmoidea del radio*, que se desplaza sobre la cabeza del cúbito.

La cara inferior de la extremidad inferior es triangular y forma parte de la cavidad glenoidea de la articulación radiocarpiana (en esta cara, a veces se distingue una cresta anteroposterior que la divide en dos facetas: interna, triangular, que se corresponde con el escafoides, y externa o cuadrilátera, que es la que se articula con el semilunar).

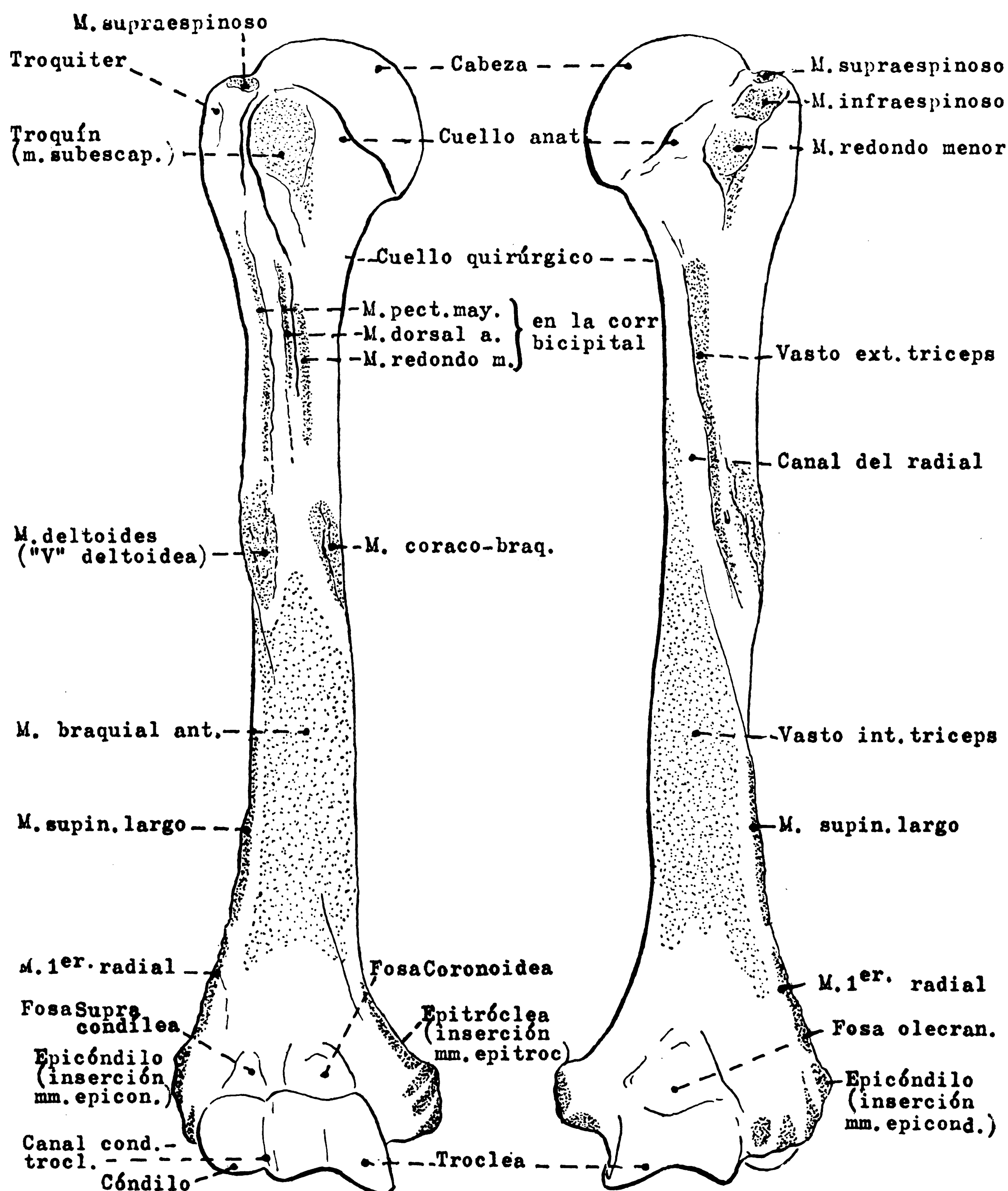


FIG. 457 FIG. 458

Húmero, visto por delante (fig. 457) y por detrás (fig. 458).

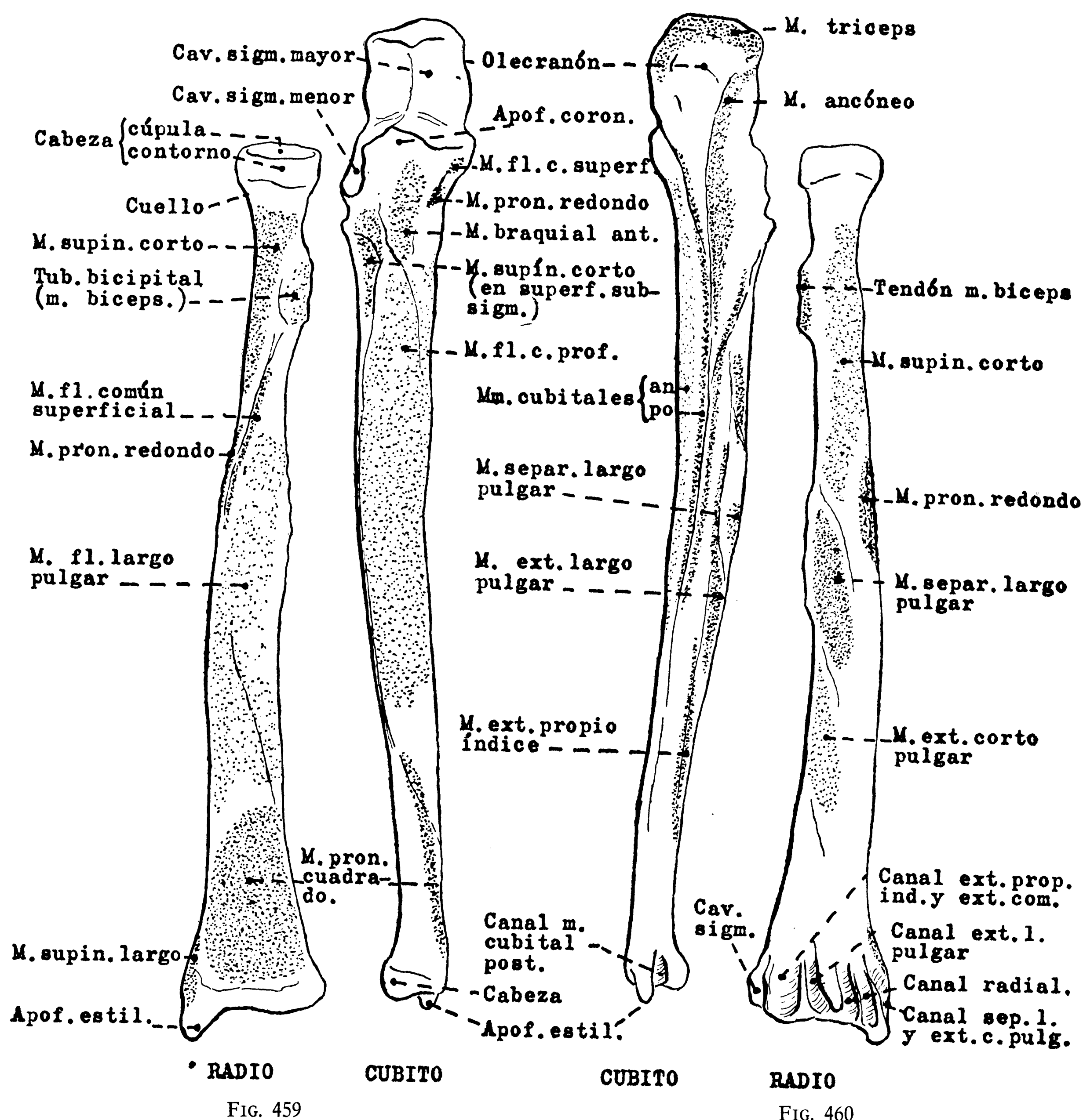


FIG. 459 FIG. 460

Radio y cúbito, vistos por delante (fig. 459) y por detrás (fig. 460).

La extremidad inferior está excavada por tendones que forman canales en la cara externa y en la posterior (1.°, *canal común del separador largo y extensor corto del pulgar,* situado en la cara externa de la extremidad y de la apófisis estiloides; 2.°, *canal común de los dos músculos radiales,* situado también en la cara externa de dicha extremidad, pero por detrás del anterior; 3.°, *canal del extensor largo del pulgar,* que está en la cara posterior; 4.°, *canal común de los tendones del extensor propio del índice y extensor común de los dedos,* que es el más interno de la cara posterior).

CÚBITO (Figs. 459 y 460)

Hueso interno del antebrazo. Es también un hueso largo con dos extremidades y un cuerpo.

La EXTREMIDAD SUPERIOR destaca por la formación de una abrazadera para la tróclea hu-

meral. La abrazadera está constituida por dos eminencias: el *olécranon* (dirigido hacia arriba y adaptado en la posición anatómica a la parte posterior de la tróclea) y la *apófisis coronoides* (que se dirige hacia adelante).

Las caras anterior del olécranon y superior de la apófisis coronoides son articulares. Su conjunto forma la *cavidad sigmoidea mayor* del cúbito, dividida en dos vertientes por una cresta, que se aplica a la garganta de la tróclea humeral.

La cavidad sigmoidea mayor se continúa hacia abajo y afuera por la *cavidad sigmoidea menor*, separada de la mayor por una cresta anteroposterior. La cavidad sigmoidea menor está excavada en forma de segmento de cilindro, al que se aplica el contorno de la cabeza del radio que queda sujeto por medio del ligamento anular. Éste se extiende en forma de anillo desde un extremo a otro de la cavidad sigmoidea menor. La sujeción queda más asegurada por el ligamento cuadrado que desde el borde inferior de la cavidad sigmoidea menor se dirige hacia el cuello del radio.

Por debajo de la cavidad sigmoidea menor hay una superficie ósea triangular, *superficie subsigmoidea*, en donde se inserta el músculo supinador corto.

En la cara anterior de la apófisis coronoides se insertan los músculos braquial anterior, pronador redondo (fascículo coronoideo) y flexor común superficial (fascículo cubitohumeral).

El olécranon, en parte, está determinado por la inserción del potente tendón del músculo tríceps; en el borde o cara interna del olécranon se inserta el fascículo olecraniano del músculo cubital posterior; en su borde externo toma inserción el músculo ancóneo.

El CUERPO es prismático triangular. El borde cortante es el externo, pues es el determinado por la inserción de la membrana interósea. Los otros bordes son uno interno y otro posterior. En el borde posterior se insertan los músculos cubitales anterior y posterior.

En la *cara anterior*, por abajo, se inserta el músculo pronador cuadrado, mientras que por arriba se inserta el músculo flexor común profundo, el cual toma inserción también en la *cara interna*. Ésta, por debajo del músculo flexor común profundo, está libre de inserciones.

En la *cara posterior* se insertan los músculos separador largo del pulgar, extensor corto del pulgar (aunque éste a veces no alcanza a insertarse en el cúbito), extensor largo del pulgar y extensor propio del índice. Estas superficies de inserción son muy estrechas; están situadas de arriba abajo según el orden en que se han mencionado los músculos y separadas entre sí por medio de crestas oblicuas. Por dentro de estas superficies, la cara posterior deja espacio para la inserción del músculo ancóneo (que continúa a la superficie de inserción en el borde externo del olécranon) y del músculo cubital posterior.

La EXTREMIDAD INFERIOR o *cabeza del cúbito* se caracteriza porque la mayor parte de su contorno es liso, y sirve de soporte de deslizamiento a la cavidad sigmoidea del radio en los movimientos de pronación.

La cara inferior de esta extremidad no es articular, pues está separada del cóndilo carpiano por el ligamento triangular (que es el que prolonga la cavidad glenoidea), el cual se extiende desde la extremidad inferior del radio hasta un saliente, dirigido hacia abajo. El saliente es la *apófisis estiloides* del cúbito. Por dentro de la apófisis en la parte posterior de la cabeza del cúbito, el tendón del músculo cubital posterior excava un canal.

CAPÍTULO 70

OSIFICACIÓN DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

El esqueleto del miembro superior adulto (figs. 461 y 462) desempeña especializadas funciones, entre las cuales la del apoyo es suplementaria a la de la extremidad inferior. En contraste con esta función secundaria recordemos que está la específica de la manipulación, capaz de expresar nuestra inteligencia. Posee el miembro también la función de la trepa en relación con el retrosoma. Por último, deben de considerarse la función del abrazamiento. Las funciones indicadas obligan a organizaciones del miembro en zonas topográficas determinadas, que en el adulto deberán de analizarse con miras aplicativas hacia su posible perturbación. Antes del estado adulto, durante el desarrollo, la organización esquelética todavía no ha alcanzado su disposición definitiva, por lo que las funciones que indicamos tampoco pueden tener aún su apropiada expresión. Cierto que en el embrión, ya en el tercer mes, existen patrones cartilaginosos que rememoran la disposición del hueso en el adulto, y la OSIFICACIÓN ha comenzado justamente entonces.

Embrión en el tercer mes del desarrollo: Notemos puntos de osificación principal (figura 464) en el centro de los grandes patrones cartilaginosos. El primero que aparece es el de la clavícula (Cl). Pocos días después, irrumpe la osificación el centro del húmero (Hu), el del cúbito (Cu), el del radio (Ra), así como también el centro de los cinco metacarpianos (Met) y el de las falanges (Fa), advirtiendo que estos últimos, durante el tercer mes del desarrollo, ofrecen una longitud comparable al brazo y antebrazo. También aparece un punto de osificación principal en la escápula (Es). Así, los puntos de osificación principal establecen el eje esquelético del miembro lo más tempranamente posible.

Feto a término: Los puntos de osificación principales indicados han crecido considerablemente y se extienden a lo largo de los patrones cartilaginosos hasta llegar muy cerca de sus márgenes. Naturalmente queda aún libre de la osificación el nivel de las articulaciones (fig. 463) y no aparecen puntos complementarios. Por este motivo, los huesos cortos quedan también libres de invasión ósea, notando aquí, pues, una diferencia ostensible con la extremidad inferior. (Recordemos que en la extremidad inferior estaban ostensibles, ya en el feto a término, puntos de osificación complementaria cerca de algunas articulaciones importantes, como la de la rodilla y tobillo.)

Desde el nacimiento la osificación va expresándose en las articulaciones, en relación con la capacidad funcional que van adquiriendo. Por ello, debemos de considerar, desde la infancia hasta la adolescencia, el desarrollo independiente, a nivel de la mano, del codo y del hombro (fig. 464) y por lo tanto la primera aparición de puntos complementaria.

En la mano, es la parte más central la que empieza a recibir la invasión ósea y, por lo tanto, el hueso grande. El punto que aquí

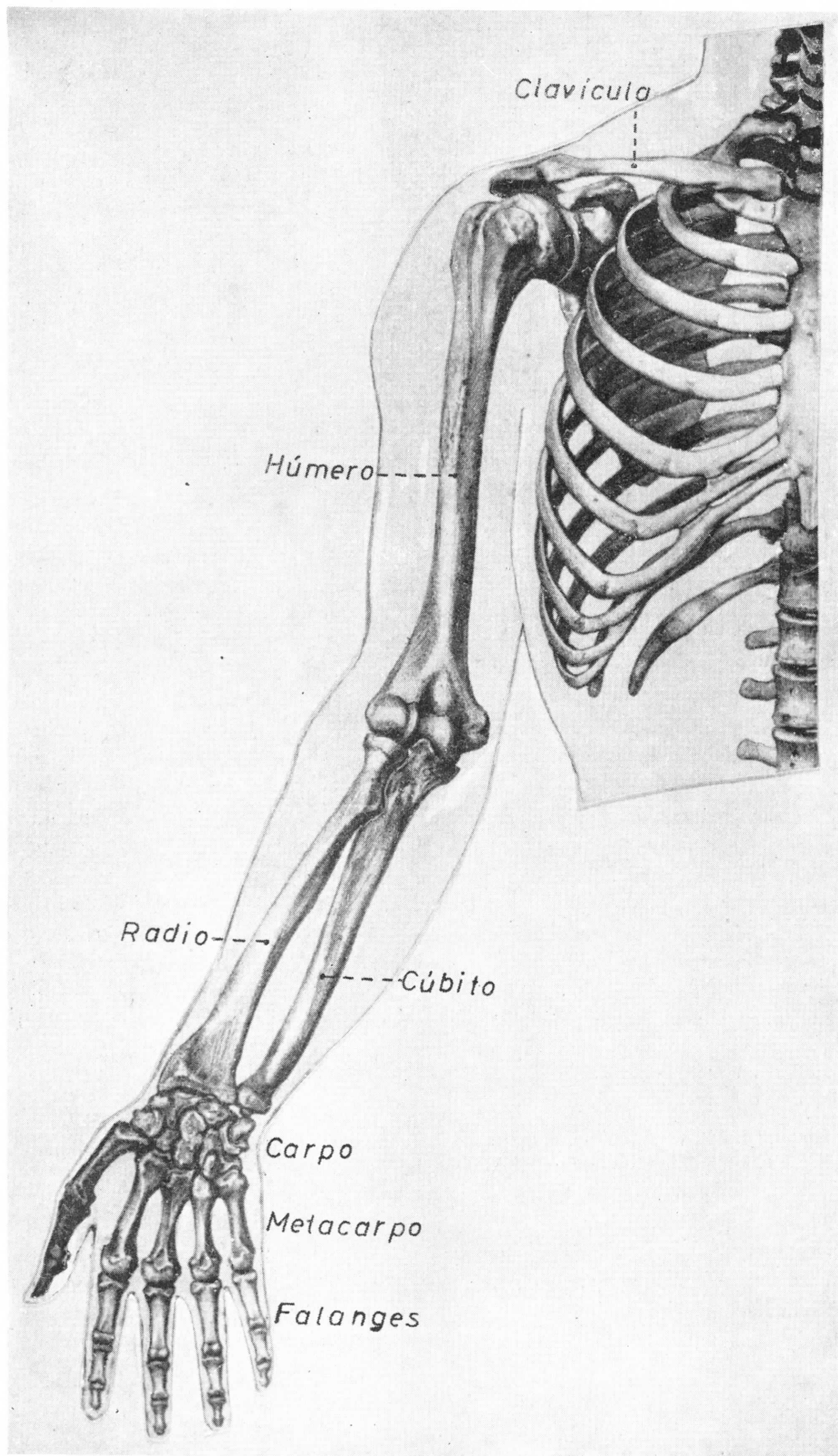


FIG. 461

FIGS. 461 y 462. — Esqueleto de la extremidad superior para fundamentar funciones del adulto y su referencia a los puntos de osificación que van apareciendo durante el desarrollo.

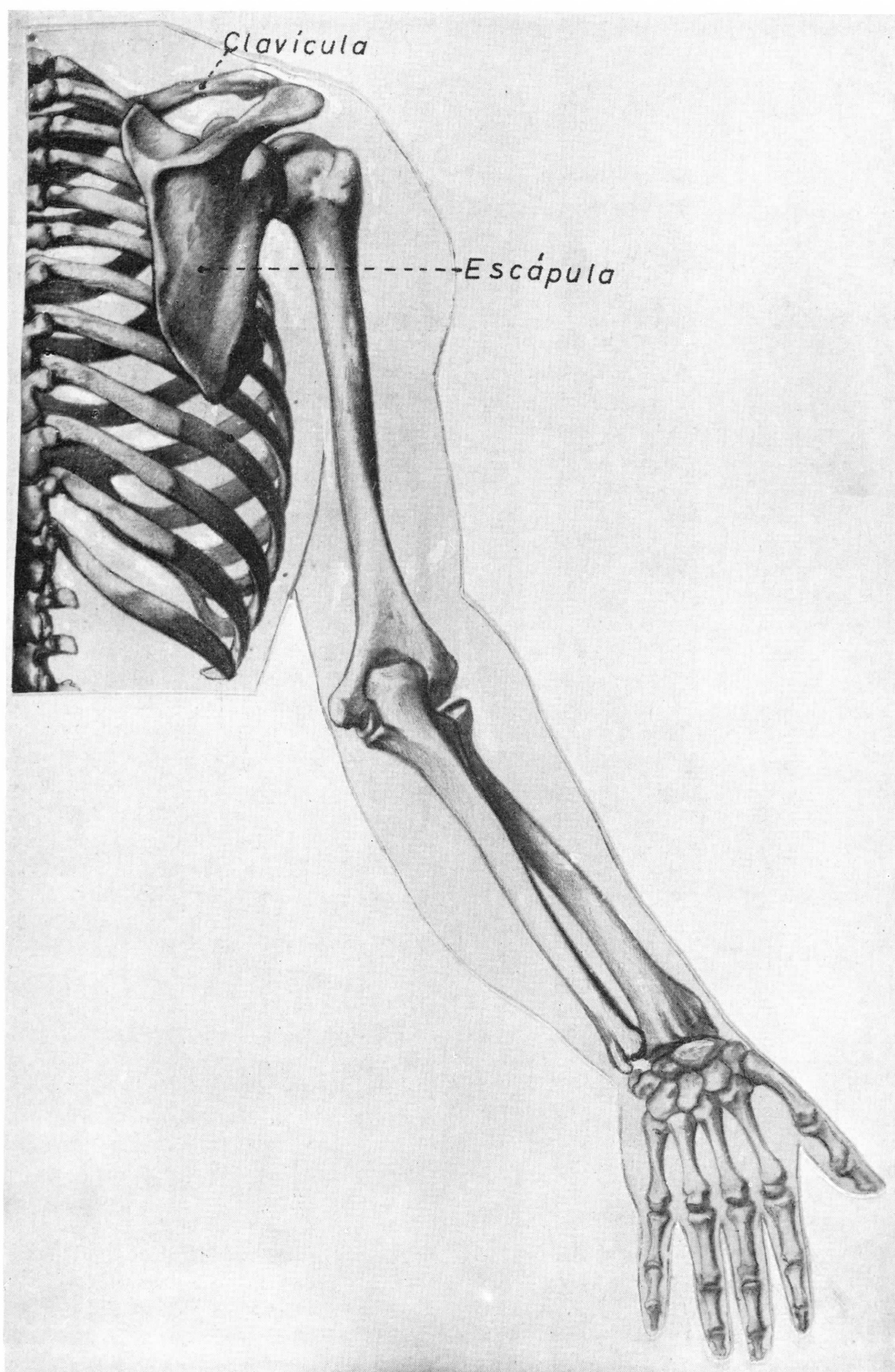


FIG. 462

aparece puede considerarse hacia el primer año (1). Junto a este punto y para formar bloque esquelético, en el hueso ganchudo aparece un punto de osificación hacia el segundo año (2). Podemos considerar en el tercer año (3) un punto para el piramidal, que es el más cercano al bloque central. Después van apareciendo sucesivamente puntos de osificación en los huesos que quedan, siempre en situación ordenada, referida al centro del bloque carpiano, y para facilitar el estudio es muy práctico recurrir a un esquema cronológico que se adapta bastante a la realidad. Así: el semilunar, al cuarto año (4); el escafoides, al quinto año (5); el trapecio, que es bastante voluminoso, al sexto año (6); el trapezoides, en fin, que a efectos de osificación es como un hueso residual, al séptimo año (7). Los patrones esqueléticos que circundan el bloque carpiano van sufriendo invasión de osificación secundaria paralelamente; así: la epífisis anterior del radio y la del cúbito muestran puntos secundarios de osificación cuando empieza el punto del semilunar (4), si bien la epífisis del radio lo hace bastante antes que la epífisis del cúbito, pues aquélla tiene una relación directa con el carpo. El primer metacarpiano (I), cuyo punto de osificación principal invadió casi toda la longitud, muestra ahora un punto secundario en el sexto año (6) (coincidiendo cronológicamente con el punto del trapecio, del que es contiguo). Una cosa parecida ocurre simultáneamente con todas las falanges en todos los dedos (la primera, segunda y tercera falanges), notando, en consecuencia, que la apófisis proximal de cada falange (6) muestra, como el primer metacarpiano, un punto secundario hacia el sexto año. En contraste con esto, el segundo, tercero, cuarto y quinto metacarpianos habían mostrado un punto de osificación principal que llegaba hasta sus límites con el carpo; en cambio, la cabeza de estos metacarpianos no había sido invadida por dicho punto principal; por ello, aparece aquí un punto secundario en esta misma época, en su extremidad distal (6).

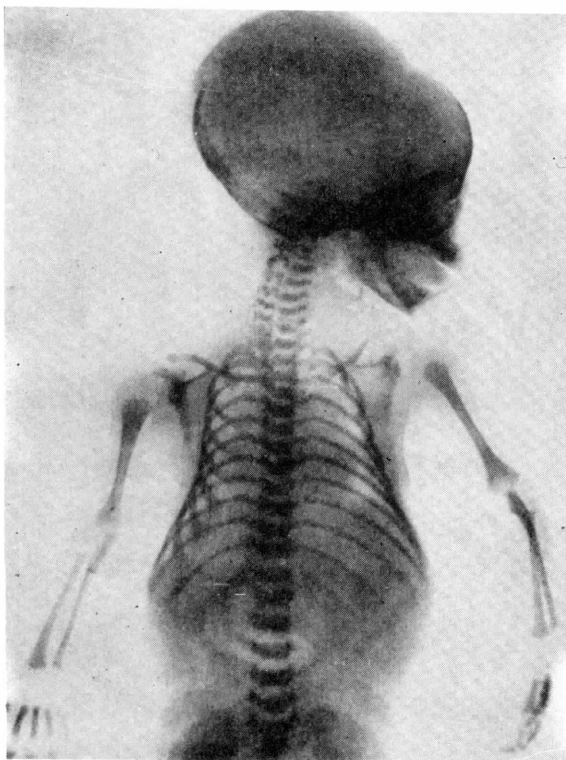


FIG. 463. — Puntos de osificación principal en el recién nacido.

En el codo, la función de apoyo transmitiendo las líneas de fuerza a lo largo de toda la extremidad enderezada, es la que primero se manifiesta. Más tarde, la función flexora del codo adquiere todos sus matices. Por eso, el substrato de la función de apoyo en el codo precede en osificación al substrato de la función flexora. A estos propósitos, el codo realiza la función de apoyo cuando la extremidad está extendida y ligeramente pronada. Para ello, son necesarios puntos de osificación en el cóndilo del húmero, lo que ocurre al primer año (1) y en la cúpula del radio, que aparece hacia el segundo año (2). Los demás puntos complementarios de osificación del codo van apareciendo después, en relación con el volumen de sus patrones cartilaginosos. Así, tenemos en el tercer año un punto epitrócleo (3) y uno epicondíleo hacia el cuarto año (4). Hacia el quinto año puede ya aparecer un punto troclear, pero justamente en la vertiente interna de esta zona, coincidiendo ello con la actitud clásica normal de quebradura externa, que la región del codo en supinación va adquiriendo con el desarrollo, actitud que desaparece con la pronación, pues entonces es cuando la longitud

del brazo se continúa exactamente con la del antebrazo y transmite la fuerza para el apoyo.

En el hombro, la osificación empieza en la cabeza del húmero hacia el primer año (1), apareciendo después otros puntos complementarios, como en el troquiter hacia el segundo año (2) y en el troquín hacia el tercer año (3). Es algo parecido a lo que ocurría con la epífisis femoral, pero aquí, en el húmero, aunque más retrasado, es algo más precisa. En el omoplato el punto de osificación principal que había aparecido hacia el tercer mes del desarrollo intrauterino, es el mismo que continúa manteniendo la osificación y extendiéndola por todos los márgenes, incluso hasta la misma apófisis coracoidea.

Hacia la adolescencia aparecen puntos accesorios de osificación en la extremidad que irán perfeccionando su capacidad funcional. Tales puntos accesorios (A) corresponden: uno al acromion, otro al ángulo inferior extendiéndose por el borde espinal del omoplato; en fin, otro al pico del olécranon; puntos todos de aparición tardía. Del mismo aspecto, aunque no tan tardíamente aparecidos, son los sesamoideos (S) de las articulaciones metacarpofalángicas, especialmente la del primer dedo. Algo análogo podemos decir del pisiforme carpiano (A), que para los efectos es un sesamoideo.

Pubertad y fin del crecimiento. Muchas metáfisis han ido siendo invadidas por las osificaciones. Las últimas que resisten co-

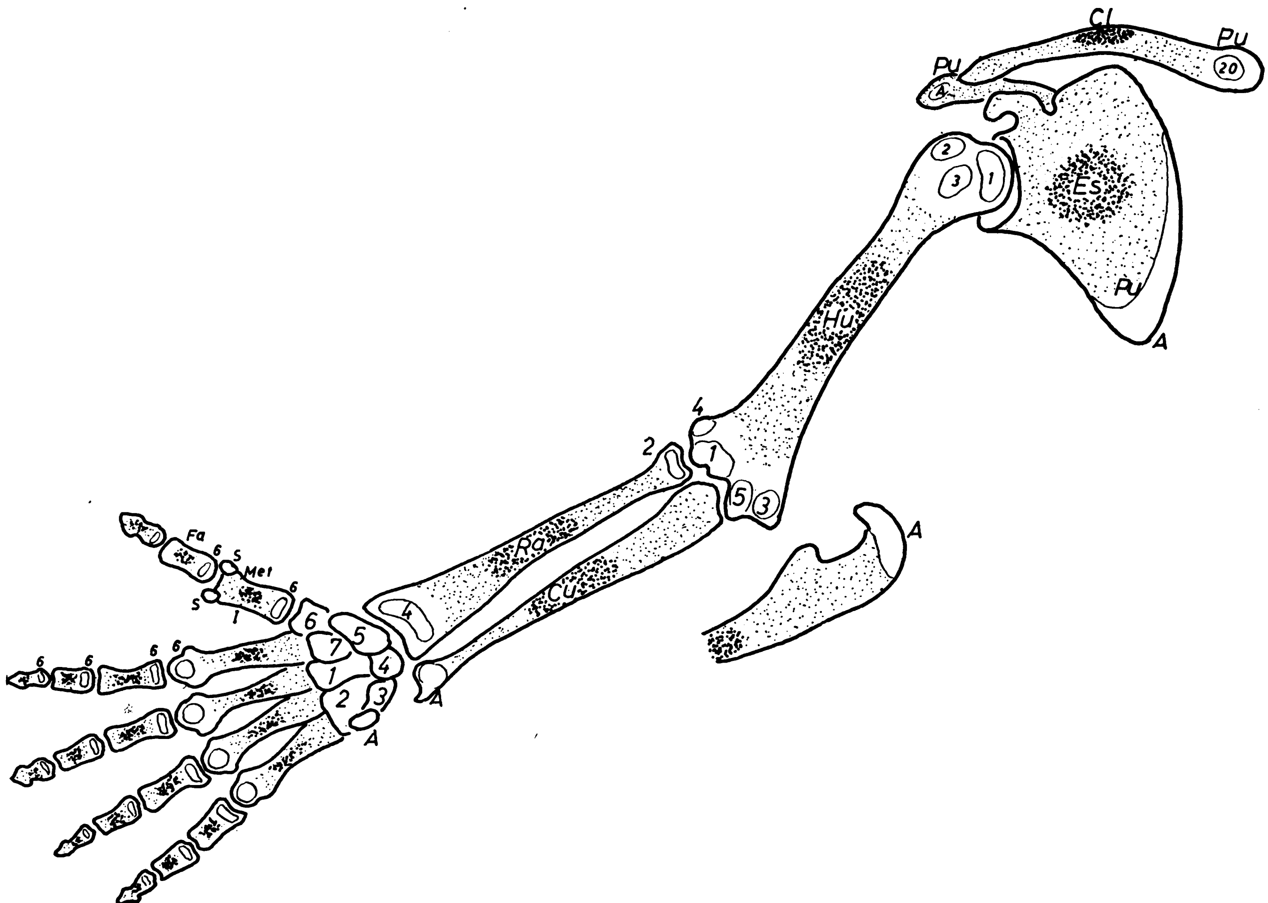


FIG. 464. — Esquema cronológico de los puntos de osificación. Durante el desarrollo embrionario, nótese el punto clavicular (Cl), que es el primero, y después el del Húmero (Hu), el del Radio (Ra), Cúbito (Cu), Metacarpianos (Met) y Falanges (Fa). Después del nacimiento, la numeración que se indica expresa el año en que suele aparecer el punto de osificación correspondiente. En la adolescencia nótense puntos de osificación marcados en «A». (Pu) Puntos de osificación y soldaduras metafisarias de la pubertad.

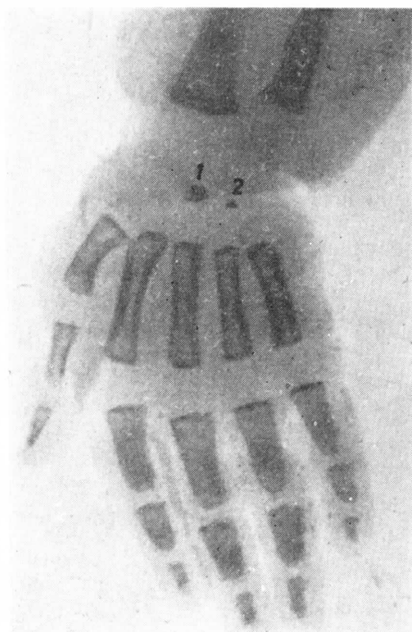


FIG. 465. — Mano de un niño en el segundo año, en que aparece el núcleo de osificación del hueso ganchudo (2).

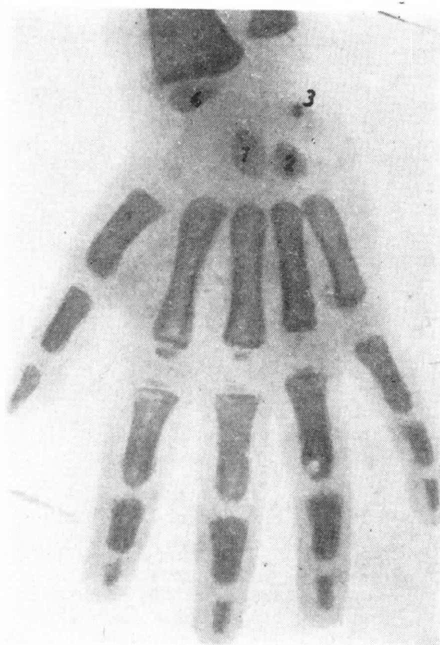


FIG. 466. — Mano de un niño del tercer al cuarto año, en que aparece el núcleo de osificación del piramidal (3) y el de la apófisis piramidal del radio (4).

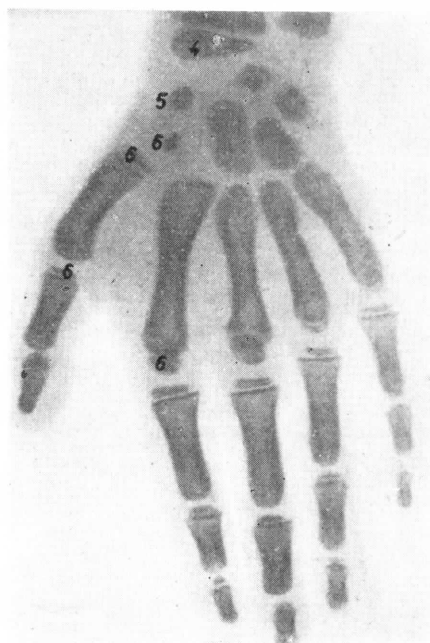


FIG. 467. — Mano de un niño de algo más de seis años en que aparecen todos los núcleos de osificación que corresponden a esa edad (6).

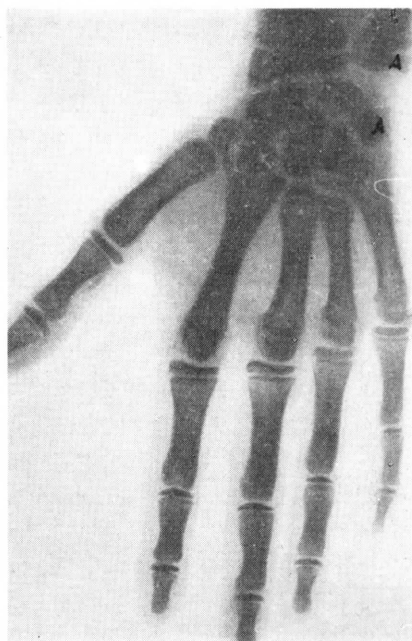


FIG. 468. — Mano de un adolescente en que han aparecido todos los núcleos de osificación posible, inclusive el del pisiformes y el de la epífisis inferior del cúbito (A). Sin embargo, las metáfisis se conservan todavía activas.



FIG. 469. — Mano de un joven hacia el período puberal, en que se van soldando casi todas las metáfisis, pero todavía quedan activas la inferior del radio y del cúbito (X).

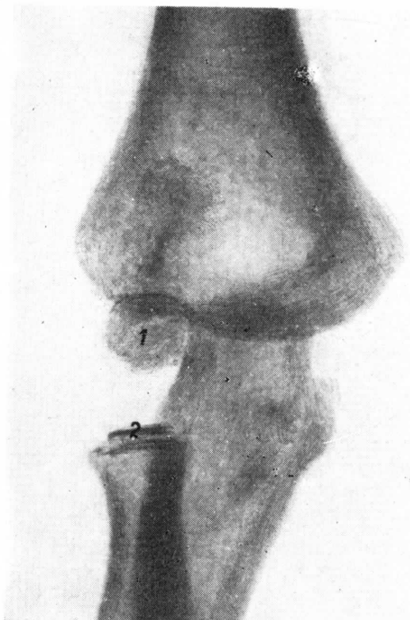


FIG. 471. — Codo de un niño de unos dos años en que ha aparecido el núcleo de osificación (2) de la cúpula radial.



FIG. 470. — Codo de un niño de un año en que aparece el núcleo de osificación del cóndilo del húmero (1).

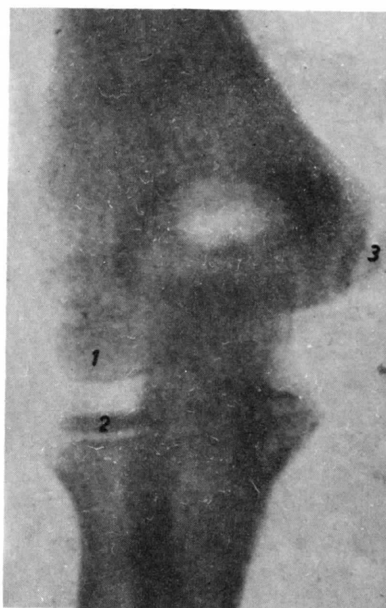


FIG. 472. — Codo de un niño de algo más de tres años en que se nota el punto de osificación epitrócleo (3).

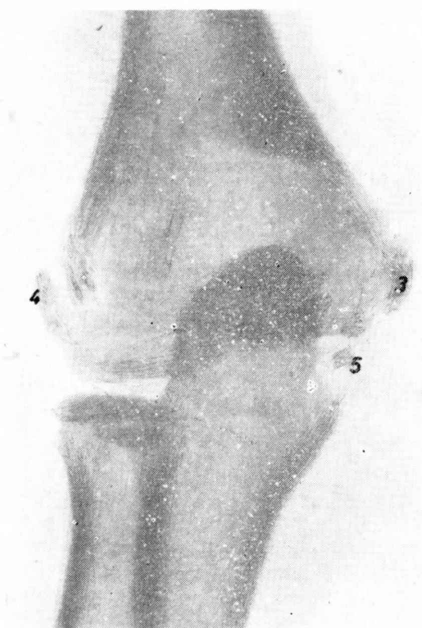


Fig. 473. — Codo de un niño de más de cinco años en que se nota el punto de osificación (5) de la vertiente troclear interna.

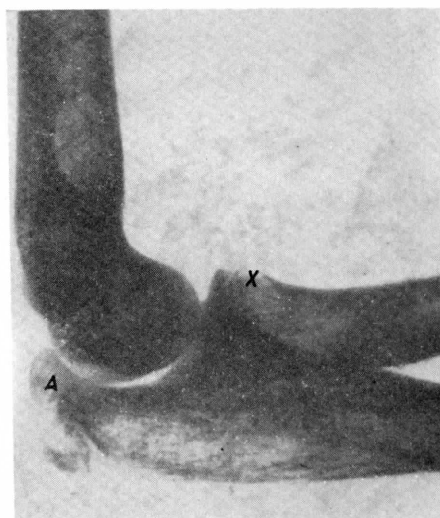


Fig. 475. — Visión lateral del codo del caso anterior, donde se aprecian el punto olecraneano (A) todavía suelto y, además, una interlínea metafisaria radial (X), lo que indica que se trata de un período prepuberal.



Fig. 474. — El codo presente podría ser de un adulto al no apreciar núcleos de osificación sueltos. Esto, sin embargo, debe de comprobarse en visión lateral.

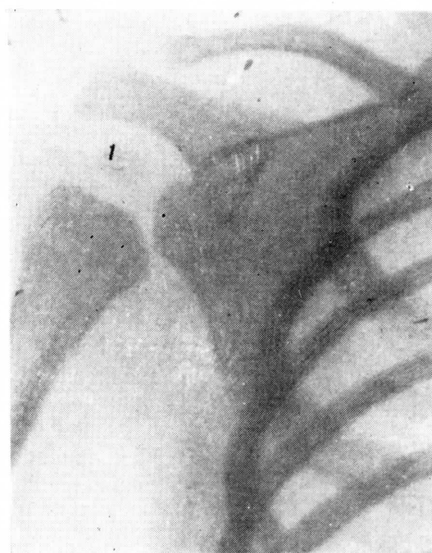


Fig. 476. — Hombro de un niño de un año aproximadamente, con un punto de osificación (1) en la cabeza del húmero.

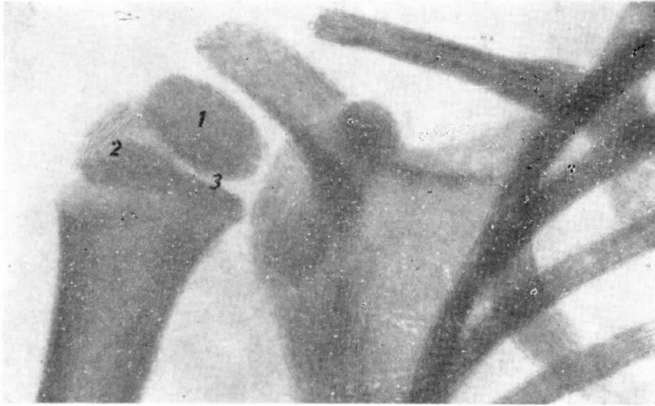


FIG. 477. — Hombro de un niño de tres años aproximadamente, en que se aprecia el punto de osificación (3) del troquín.

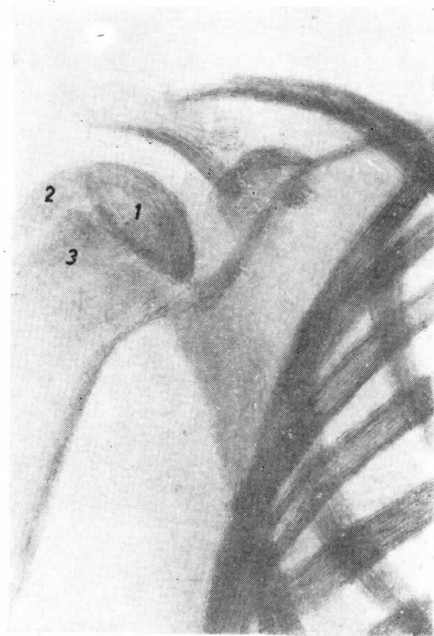


FIG. 478. — Hombro de un niño de más de tres años en que el troquín (3), troquiter (2) y cabeza del húmero (1) tienen puntos de osificación muy próximos entre sí.

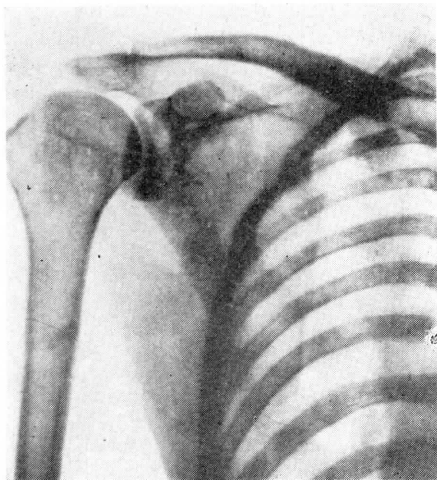


FIG. 479



FIG. 480

FIGS. 479 y 480. — En estas radiografías, la metáfisis superior del húmero ofrece una existencia discutible de metáfisis, lo que debería rectificarse en otras posiciones para aproximar el período de adolescencia en que se encuentra el sujeto.

rresponden a las de los huesos más largos, puesto que continúan su actividad de crecimiento hasta el último instante. Interesa conservar en la pubertad puntos metafisarios (Pu) que continúen en actividad, en el caso

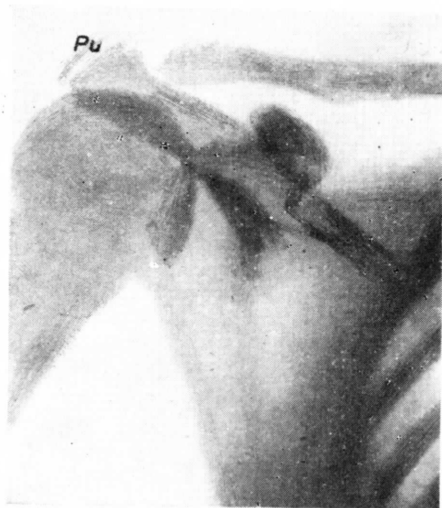


FIG. 481. — Nótese la aparición de un punto complementario acromial que ocurre antes de la pubertad (Pu).

del varón, a causa de la acción de la gónada intersticial. Tal es el caso de la metáfisis del acromion, del ángulo inferior del omoplato y la de la epífisis interna de la clavícula. Esta última ofrece un punto de osificación muy tardío después de los veinte años (20). Es el punto que cierra el proceso de crecimiento. A este propósito, la clavícula, hueso específico, abre y cierra la osificación. Resulta, pues, llave en este proceso.

No confundir en radiología de la extremidad superior, los intersticios claros correspondientes a la imagen de un cartílago de crecimiento persistente aún y la interlínea de desprendimiento de una fractura. Tal observación puede interesar, por ejemplo, en el codo y en la muñeca de un adolescente que haya sufrido traumatismos. Una fractura del húmero por la mitad de su cuerpo es con-

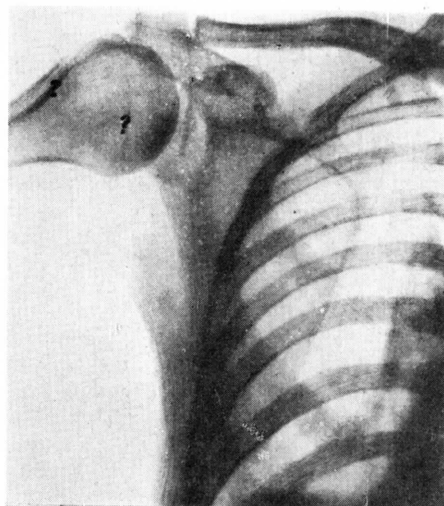


FIG. 482. — Puede tratarse de un hombro adulto, si bien la proximidad a la pubertad podría considerarse según el resto de algunas metáfisis. Algunas líneas más marcadas (?), se comprueba que son crestas más acusadas y no deben de confundirse con resto metafisario alguno.

secuencia lógica de intensos traumatismos del brazo que apalancan su larga longitud.

Una fractura, desprendiendo la epífisis distal del radio (Colles), hace recordar la metáfisis de crecimiento de esta zona que actúa hasta el último momento, retrasando la organización arquitectónica trabecular a través de la misma.

Las matrices de crecimiento metafisarias de la extremidad superior ofrecen actividad durante largo período, pudiendo enfermar con neoplasias sarcomatosas, al igual que acontece en la extremidad inferior.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

Crecimiento y osificación de la extremidad inferior. Patrones de crecimiento y osificación prenatal. Patrones de crecimiento y osificación natal y postnatal (en la mano, en el codo, en el hombro). Crecimiento y osificación en la adolescencia y en la pubertad. Relación cronológica del crecimiento y osificación.

CAPÍTULO 71

REGIONES DISTALES ANTERIORES DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR = REGIONES PARA LA MANIPULACIÓN (Palma de la mano, región anterior de la muñeca y región anterior del antebrazo)

Las actitudes de MANIPULACIÓN más características son las siguientes: *empuñamiento* (fig. 484), donde el objeto (como empuñadura de una espada) se encuentra cogido en un canal, de tal forma que prolonga la dirección del miembro. El labio interno de ese canal es el cuarto y quinto dedo, juntamente con la eminencia hipotenar; el labio externo es simplemente el pulgar, que forma un simple tope de contención. Una segunda actitud a considerar es el *pinzamiento* (figura 485), siendo una rama de la pinza el pulgar, formando la otra el segundo y el tercer dedo. La tercera actitud es el *agarramiento* (fig. 486), por flexión en forma de garra de los dedos (segundo, tercero, cuarto y quinto) a nivel de la segunda falange. Una última actitud a considerar es el *apuñamiento* (figura 487), suma de las actitudes anteriormente dichas.

Los procesos de manipulación indicados requieren una amplia organización por la parte anterior o volar de los dedos, mano, muñeca y antebrazo, a partir del mismo esqueleto, cuya disposición ósea y ligamentosa adopta una actitud previa que facilite las manipulaciones indicadas anteriormente. A este propósito ya sabemos que los huesos de la mano se organizan potencialmente para un *abrazamiento o abarcamiento esférico* que es punto de partida común a las demás actitudes.

EMPUÑAMIENTO. Acabamos de decir que es necesaria una actitud previa de abarcamiento esférico, lo cual se consigue con músculos que tienden a flexionar las primeras falanges de todos los dedos, al mismo tiempo que concavizan la palma de la mano; notemos, a estos efectos (fig. 491), tendoncitos laterales (externo e interno) en la primera falange de cada dedo, para constituir metacarpianos. Si empezamos por el tercer dedo, cuyo metacarpiano está en la situación más profunda de la palma, veamos que de cada tendoncito parte un interóseo del tercer dedo, para rellenar enteramente los espacios intermetacarpianos que corresponden, por cuyo motivo adoptan posición dorsal. Lo mismo debe ocurrir al segundo dedo, pero aquí sólo el externo se puede expansionar dorsalmente, mientras que el interno tiene que quedarse en situación palmar. Respecto del cuarto dedo, notemos que el interóseo interno es amplio y, por lo tanto, se expansiona dorsalmente; en cambio, el interóseo externo sólo puede quedarse en situación palmar. Respecto del quinto dedo, sólo puede haber un interóseo situado palmarmente en la parte interna del espacio; en cambio, por la parte externa, está el *flexor corto*, el *oponente* y el

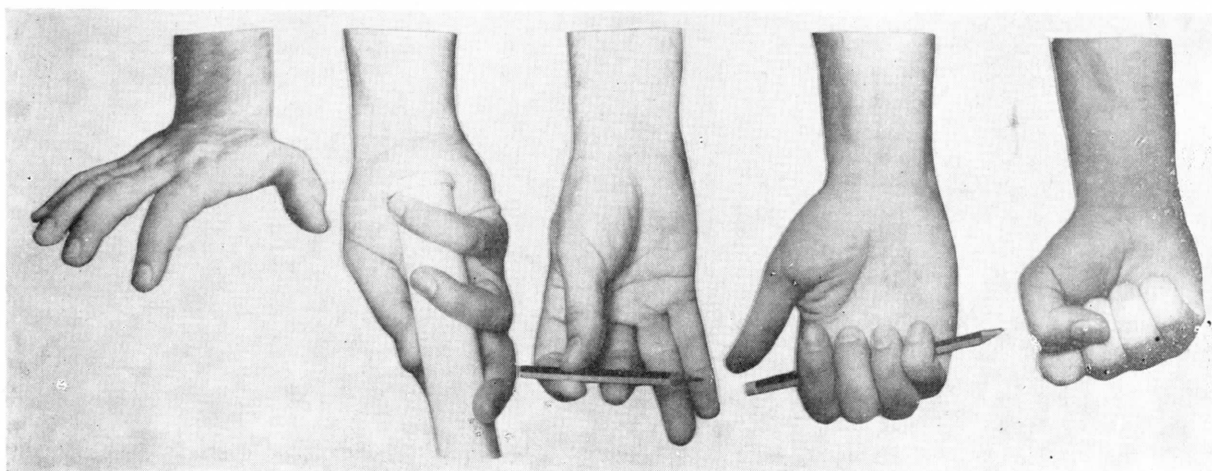


FIG. 483 FIG. 484 FIG. 485 FIG. 486 FIG. 487

FIG. 483. — Mano en actitud de apoyo.
FIG. 484. — Mano empuñando.
FIG. 485. — Mano pinzando.

FIG. 486. — Mano agarrando. (Es la misma actitud adoptada durante el colgamiento.)
FIG. 487. — Mano apuñando.

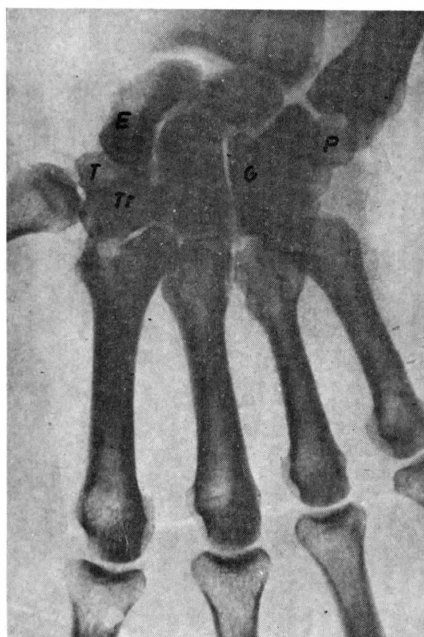


FIG. 488. — El esqueleto de la mano de frente muestra en radiología una mayor densidad ante la tuberosidad del escafoides (E), del trapecio (T), así como del gancho (G) y del pisiforme (P). Este último, en la radiografía, no ha quedado tan superpuesto. Existe habitualmente la superposición del trapezoides (Tr), difícil de delimitar, debiendo de lograrse ayudándose con otras posturas radiológicas.



FIG. 489. — La mano está *inclinada* cubitalmente, dispuesta a realizar un empuñamiento. Nótense las zonas de superposición de sombras de las tuberosidades carpianas, más definidas que en el caso anterior. La articulación trapeciometacarpiana (X) parece muy abierta, debiendo esta interlínea de ser comprobada en otras posturas radiológicas para determinar su estado normal o patológico.

separador, yendo este último hasta el pisiforme, mientras que los dos precedentes han terminado en el gancho del hueso ganchudo. Esta abundancia muscular vigoriza el labio interno del canal del empuñamiento. El canal externo se acusa por la tracción de los músculos *aproximador del pulgar* (transverso y oblicuo) y *flexor* corto profundo del pulgar, cuyas inserciones son bastante expresivas (fig. 491). Para completar la actitud del empuñamiento falta el *músculo cubital anterior* que, tirando del pisiforme, ladea la mano hacia dentro, con lo cual el canal para empuñar queda enderezado; dicho músculo por arriba se inserta en el cúbito (olécranon) y en la epitróclea, dejando pasar entre ambas inserciones el nervio cubital que se desliza por detrás de esa eminencia ósea. Quedan también los fascículos cuarto y quinto del *flexor profundo,* que insertándose en las terceras falanges tiran hacia arriba hasta el cúbito, donde se insertan a todo lo largo de su cara anterior; de esta manera, el cuarto y quinto dedo recibirán la suficiente fuerza

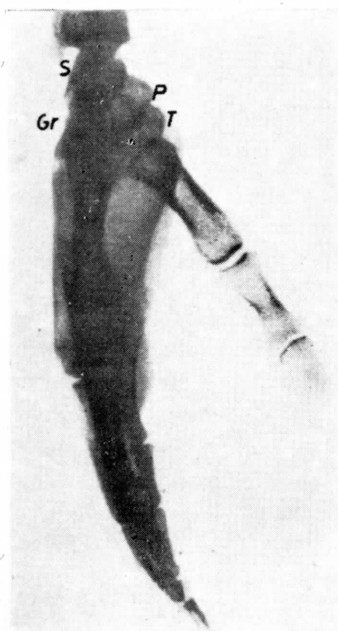


FIG. 490. — La mano, vista radiológicamente de perfil, ofrece una superposición enorme de sombras óseas, pero puede destacarse el trapecio (T), la cabeza del hueso grande (Gr), el semilunar (S) y el pisiforme (P); para una demostración, esta postura radiológica tiene cierta utilidad.

para vigorizar la acción del canal interno del empuñamiento.

Notemos el *nervio cubital,* que impulsa todas las musculaturas del empuñamiento (figs. 492 y 493) y que, pasando por detrás de la epitróclea, sigue satélite a los fascículos cuarto y quinto del flexor común profundo, a tiempo que está recubierto por el músculo cubital anterior. Al llegar a la mano forma un arco nervioso profundo (figs. 491 y 492), que se encarga de la inervación de la musculatura interósea, así como la musculatura del canal interno y externo indicados.

PINZAMIENTO. Se requiere, ante todo, una capacidad pronadora del antebrazo para dirigir la pinza de la mano hacia el objeto que interesa. A este fin, está el músculo *pronador redondo* (figs. 494 y 495) y el *pronador cuadrado,* que, tirando de las zonas respectivas del radio, lo llevan a la pronación, ya que el pronador redondo se ata en la epitróclea y en la coronoides, mientras que el pronador cuadrado llega transversalmente a la cara anterior del cúbito. En cuanto a la pinza, su rama externa está accionada por pequeños músculos, como son el *separador corto del pulgar* (fig. 497), el *oponente* y el *fascículo superficial flexor corto.* A ellos hay que añadir el *flexor largo del pulgar,* cuyo tendón llega a la última falange y cuyo vientre se inserta superiormente a lo largo de la cara anterior del radio, que queda entre la inserción de los pronadores redondo y cuadrado. La rama interna de la pinza está accionada por los flexores largos del segundo y tercer dedo inervados por el mediano, que forman un vientre, y que juntamente con los flexores profundos del cuarto y quinto dedo (fig. 493), inervados por el cubital, como ya se indicó anteriormente, integran un *flexor profundo común.*

El nervio mediano (fig. 497) es el encargado de la inervación de estas musculaturas del pinzamiento, debiendo notar su paso entre los dos fascículos del pronador redondo.

AGARRAMIENTO. Está realizado por un flexor común de los dedos, inserto en las segundas falanges, de donde debe de tirar para disponer los dedos en un gancho de agarre. Notemos que por arriba el vientre de este

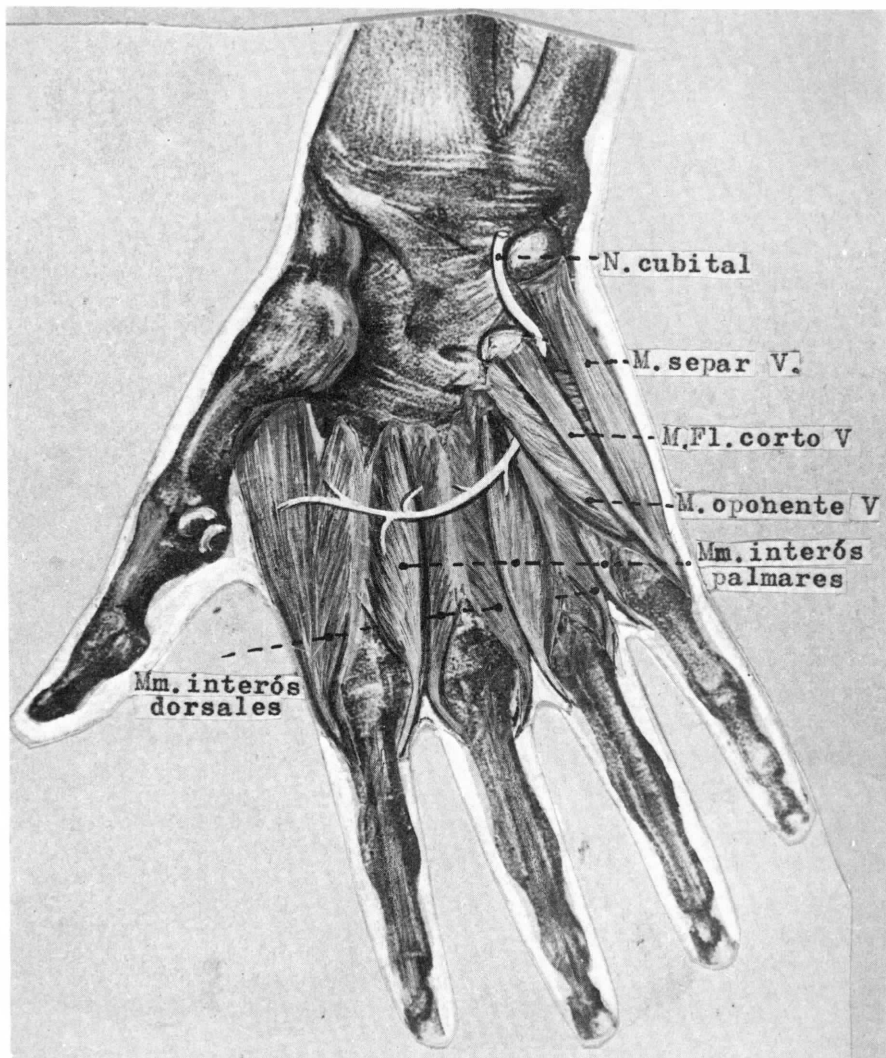


FIG. 491. — Músculos interóseos metacarpianos y de la región hipotenar con su ramo cubital inervador.

flexor común superficial (fig. 495) llega hasta la epitróclea, pero se inserta también en el radio y en el cúbito, en lo que le permite el pronador redondo. El agarramiento se refuerza con la flexión de la muñeca, para lo cual están los músculos palmares: el *palmar mayor* y el *palmar menor* (fig. 496), llegando ambos hasta la epitróclea. Por debajo, el palmar mayor tira de la base del segundo metacarpiano, donde se inserta, mientras que el palmar menor lo hace en el ligamento anular de la muñeca y en la *aponeurosis palmar media,* que también se inserta allí. Estas masas musculares son también inervadas por el *mediano,* cuyo tronco discurre por el antebrazo entre el plano de los músculos del agarramiento y el de los del pinzamiento.

La VASCULARIZACIÓN de estas zonas funcionales recordemos que se hace mediante la *arteria humeral* (fig. 501), que, por encima del pronador redondo aún, emite la *radial,* que desciende recta por fuera de esta región y siempre en superficie, para hacerse dorsal una vez que traspasó el canal del pulso. Des-

→

FIGS. 492 y 493. — Representación natural y esquemática, respectivamente, del sistema neuromuscular cubital.

FIG. 492

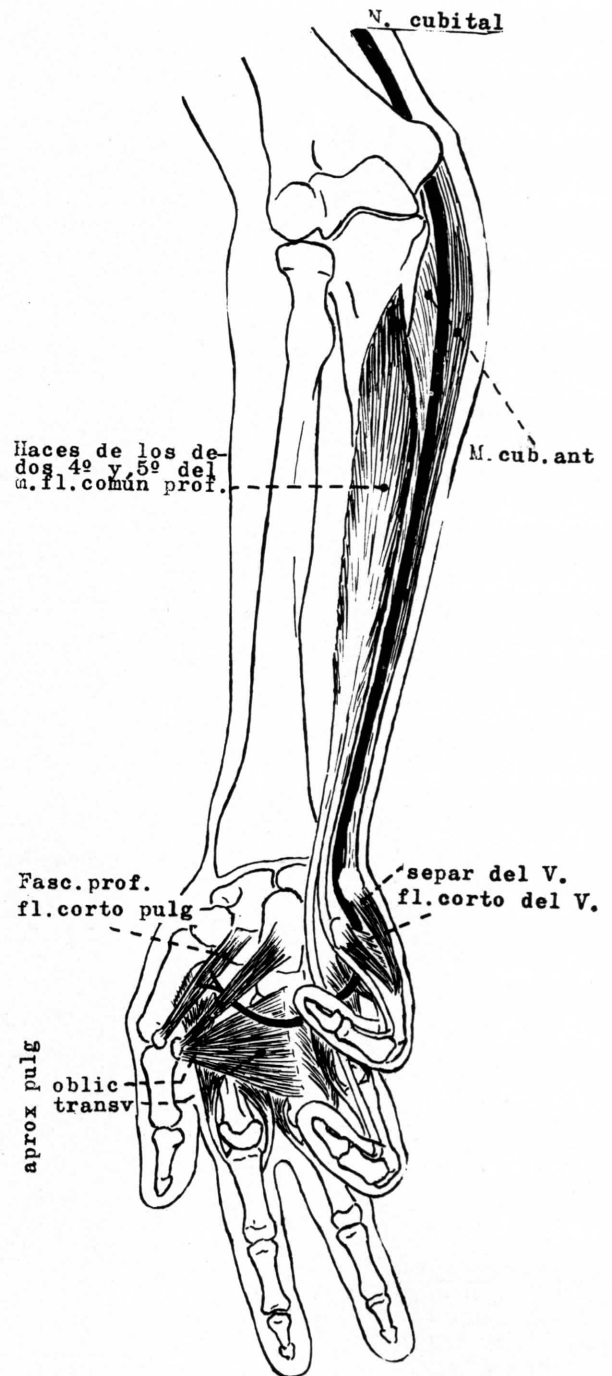


FIG. 493

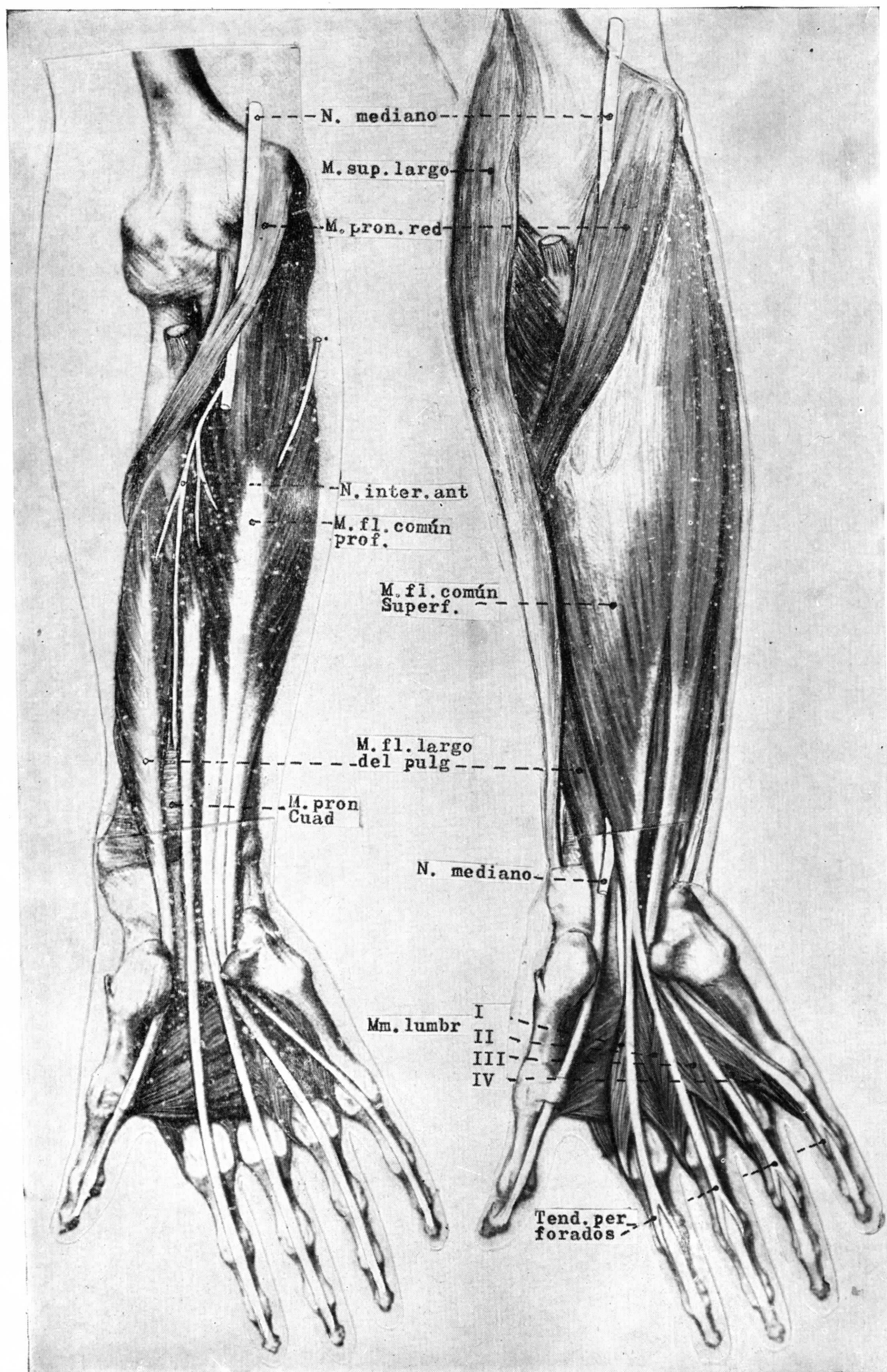


FIG. 494

FIG. 495

pués vuelve otra vez a la región palmar (figura 499), perforando el primer espacio interóseo para constituir el *arco palmar profundo*. La otra rama de la humeral es la *cubital* (fig. 501), que pasa por debajo del pronador redondo y detrás del mediano, colocándose en seguida satélite del nervio cubital (fig. 499), llegando así a la muñeca para formar el *arco palmar superficial* (fig. 501). Algunas ramas colaterales merecen ser recordadas (fig. 499), como el tronco de las interóseas, el de las recurrentes cubitales, así como la recurrente radial anterior. (*Las venas* de superficie deben de ser reconocidas [fig. 514]. También pueden reconocerse los *ramos de sensibilidad cutánea*, del *mediano* del *radial*, del *cubital*, del *nervio musculocutáneo*, del *nervio braquial cutáneo interno;* en fin, que es sensible todo él.)

En la muñeca recuérdense las *correderas sinoviales* y su procedencia. Igualmente recuérdese un compartimiento aislado para el pulgar mayor, independiente del compartimiento común para flexores profundos y superficiales (fig. 502).

La APLICACIÓN a la patología de estos conocimientos se refiere a la *parálisis* del nervio cubital y del nervio mediano, con la consecuente impotencia para realizar las acciones y adoptar las posturas que les corresponden. En las *fracturas* merece mencionarse la del radio por su parte media, donde el fragmento proximal se va traccionando hacia adentro por el pronador redondo; la reducción de esta fractura se basa pues en hacer adoptar al miembro una actitud pronadora apropiada para que vuelvan a encontrarse los dos cabos óseos separados.

La referencia a las REGIONES CLÁSICAS de esta zona distal anterior del miembro pueden recordarse (fig. 139) debiendo de ejercitarse en delimitar en la cuadrícula topográfica las *regiones volares de la mano, muñeca* y *antebrazo*[1].

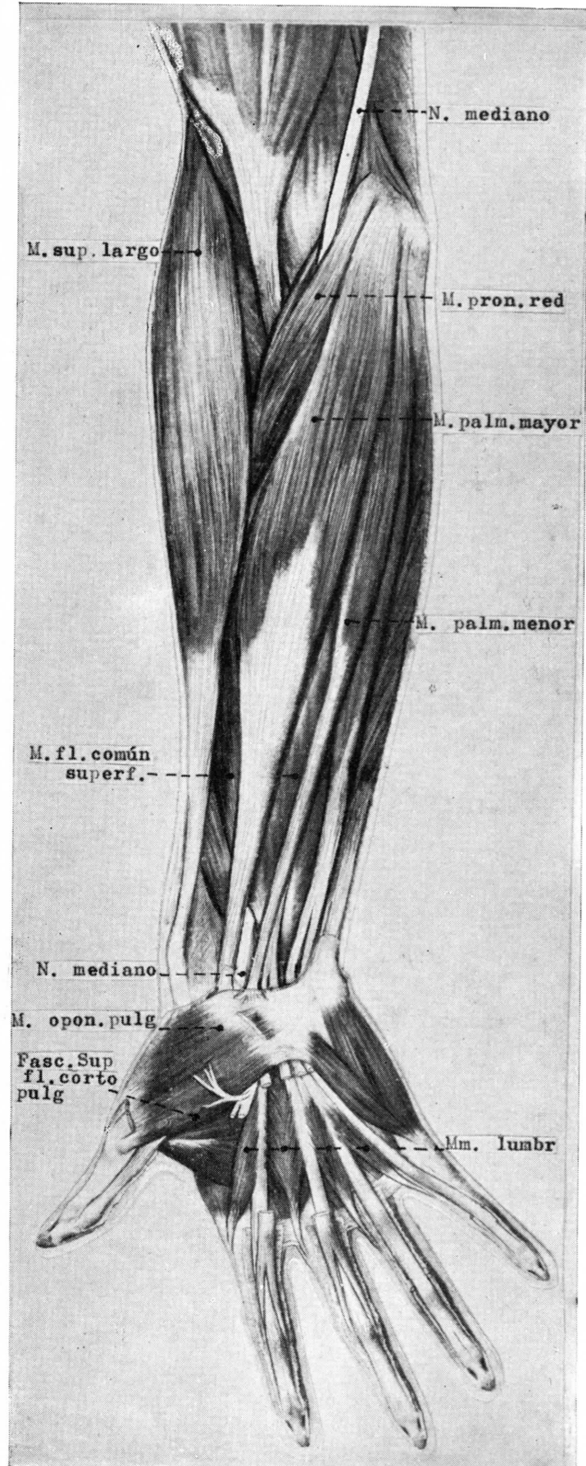


FIG. 496

[1] Para ligaduras quirúrgicas en las regiones que trata este capítulo, consultar los apartados correspondientes del capítulo 75 del mismo volumen.

FIGS. 494, 495 y 496. — Sistema neuromuscular del mediano en aspectos sucesivos de reconstrucción.

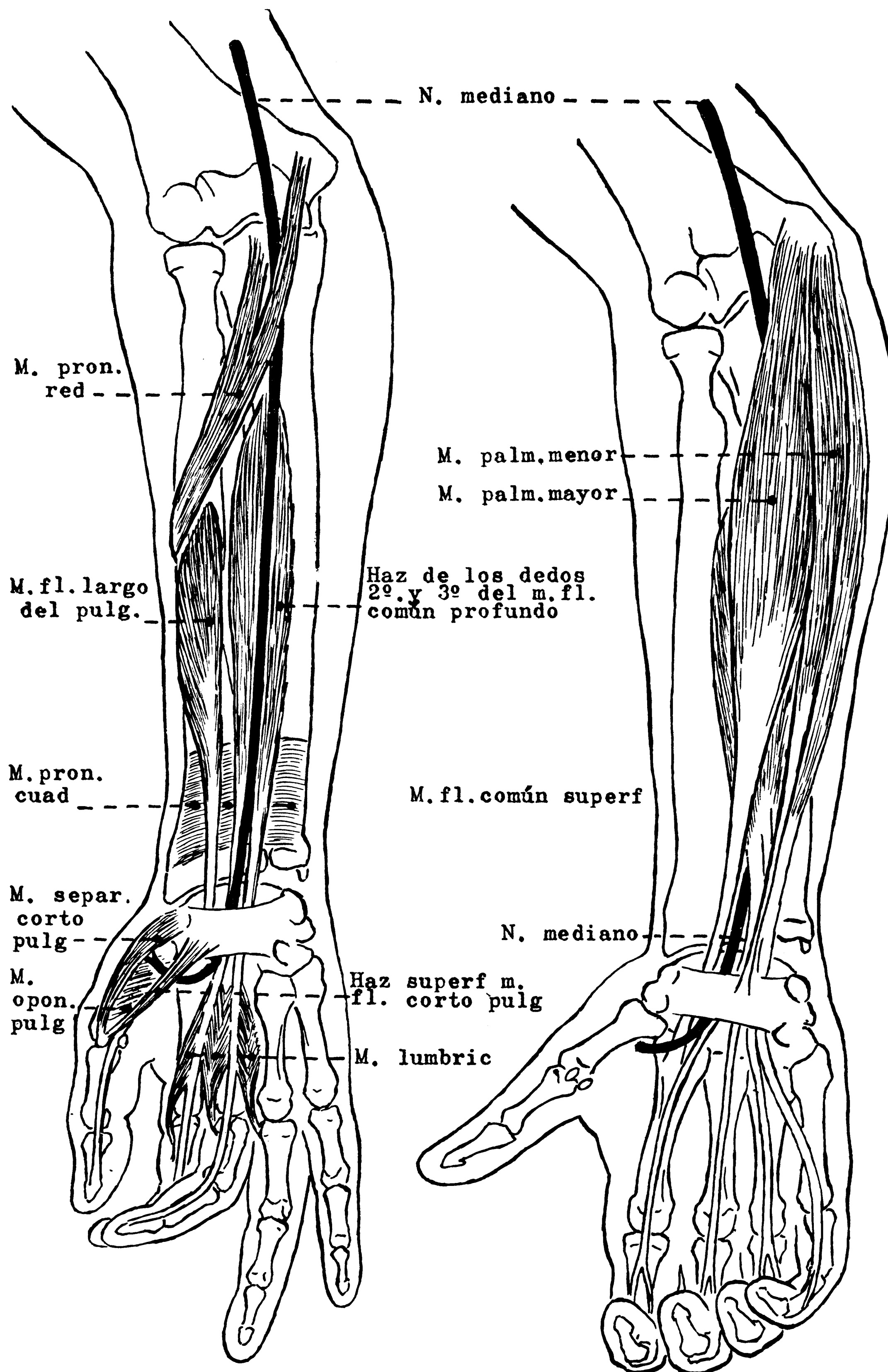


FIG. 497. — Representación esquemática del sistema neuromuscular mediano dispuesto para el pinzamiento.

FIG. 498. — Representación esquemática del sistema neuromuscular mediano dispuesto para el agarramiento.

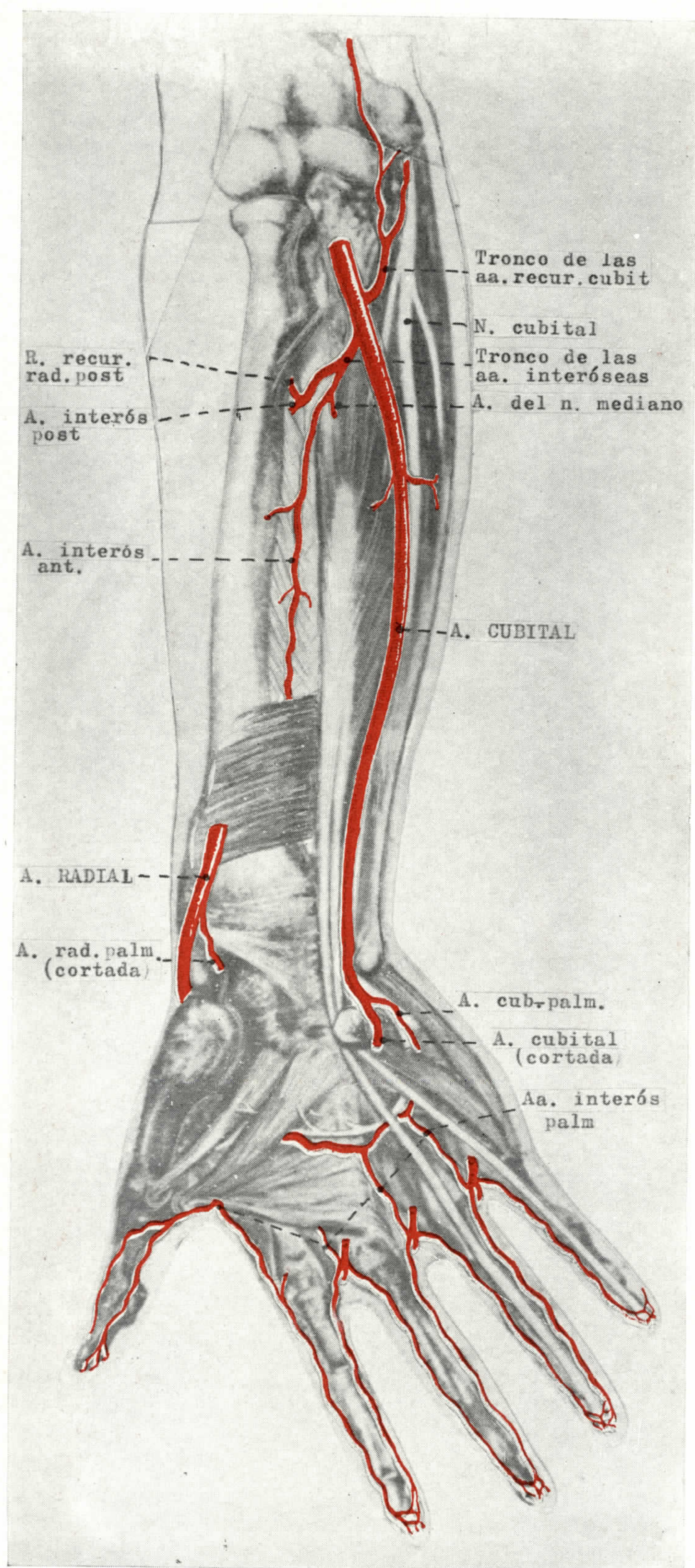
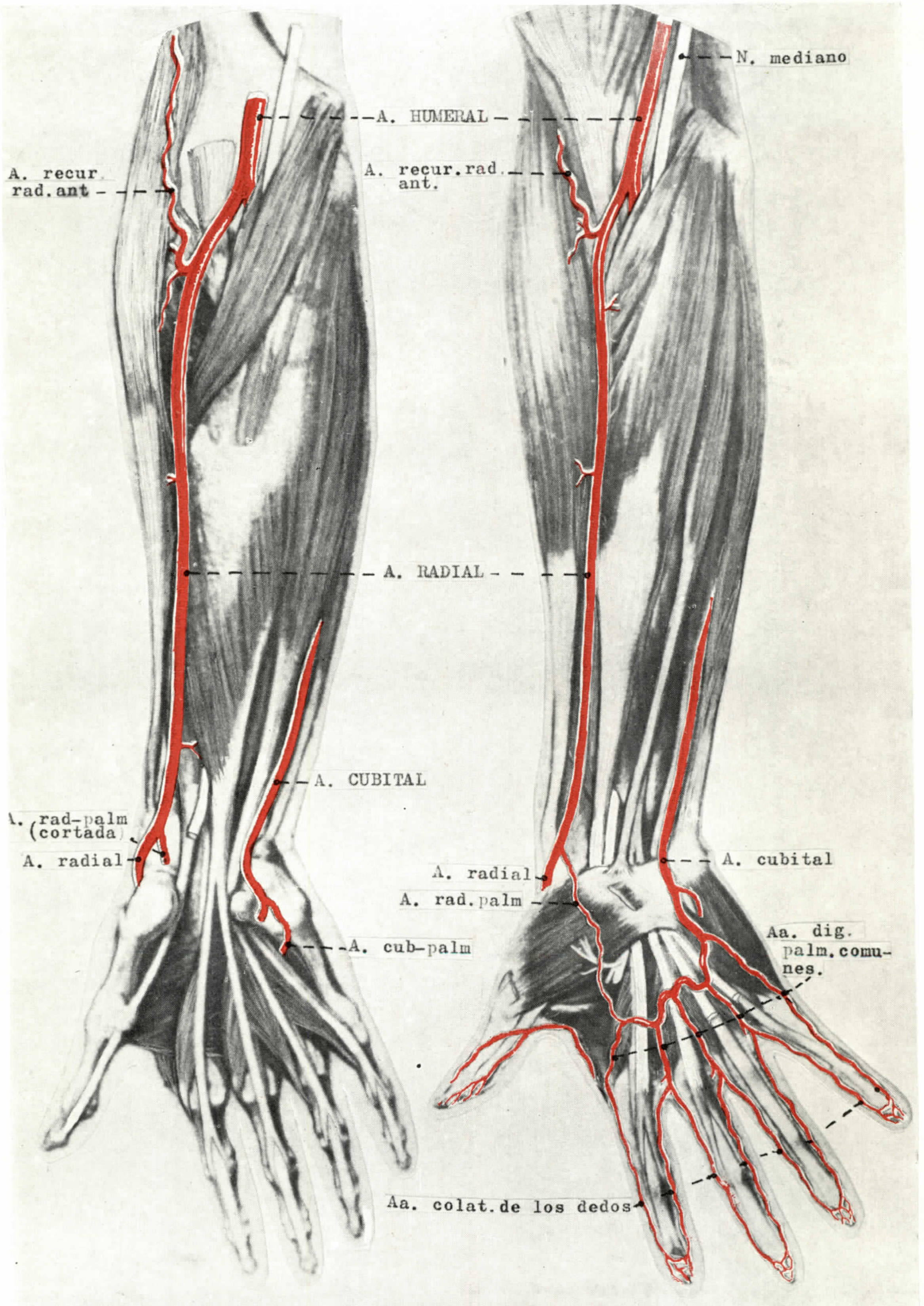


FIG. 499. — Arterias distales del miembro vistas por delante, distribuyéndose por la profundidad.



FIGS. 500 y 501. — Arterias distales del miembro vistas por delante, distribuyéndose en superficie.

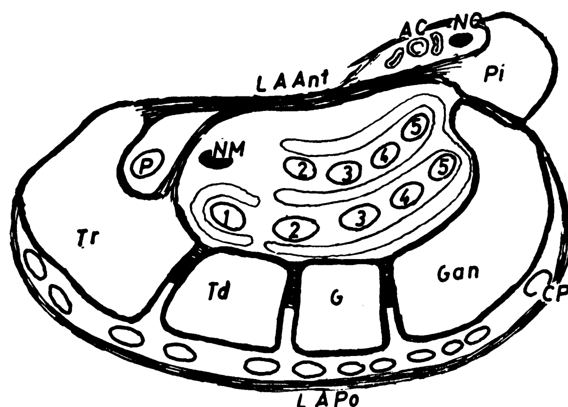


FIG. 502. — Nótese esquemáticamente el compartimiento anterior de la muñeca, bien encajado en el canal del carpo, donde destacan el trapecio (Tr), trapezoide (Td), hueso grande (G) y ganchudo (Gan). Los ligamentos interóseos que unen estos huesos ocupan la parte palmar de la interlínea, para facilitar la concavidad del canal tarsiano, convertido en corredera por el ligamento anular anterior (LAAnt). Véase el interior dividido en dos compartimientos: uno, pequeño, para el tendón del palmar mayor (P), y otro, grande, alojando diez manifiestos cordones dispuestos en dos filas: la fila de profundidad ofrece ordenadamente cinco tendones flexores de los cinco dedos. La fila superficial ofrece un primer cordón que no es tendinoso sino el nervio mediano (NM); en cambio, los demás son tendones flexores comunes superficiales (2, 3, 4 y 5). Las diez formaciones indicadas están envueltas por hojas sinoviales, continuación de la sinovial del quinto dedo y de la sinovial del primero. Recuérdese que las sinoviales del segundo, tercero y cuarto dedos no rebasaban la raíz del mismo, por lo que no tiene comunicación con la sinovial de la muñeca. Nótese el nervio y la arteria cubital (NC y AC) por fuera del ligamento anular anterior y adaptados al pisiforme (Pi). Apréciese el dorso del carpo, convexo, con muchos tendones poco trabados, por lo que parecen libres en el nivel del corte que estudiamos; no obstante, recuérdese que estos tendones, a un nivel inmediatamente superior, están perfectamente encajados en canales del radio y del cúbito y que, en un nivel inmediatamente inferior, ofrecen su inserción terminal.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

REGIONES DISTALES ANTERIORES DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR = Regiones de la manipulación: Palma de la mano, región anterior de la muñeca, región anterior del antebrazo. Sistemas neuromusculares del empuñamiento = *Sistema neuromuscular cubital.* Sistemas neuromusculares para el pinzamiento, agarramiento y apuñamiento = *Sistema neuromuscular del mediano.* Arteria radial. Arteria cubital. Arcos palmares. Parálisis cubital. Parálisis del mediano. Músculos interóseos palmares y dorsales metacarpianos. Músculos de la región hipotenar: Separador del meñique, flexor corto del dedo meñique, oponente del dedo meñique. Músculo cubital anterior. Músculo flexor común profundo. Músculo flexor común superficial. Músculo palmar mayor. Músculo palmar menor. Músculo pronador redondo y pronador cuadrado. Músculos de la región tenar: Separador corto del pulgar, flexor corto del pulgar = Fascículo superficial o mediano, fascículo profundo o cubital. Oponente del pulgar. Aproximador del pulgar: Fascículo oblicuo y fascículo transverso. Sinoviales del compartimiento anterior de la muñeca. Ligamento anterior anular de la muñeca.

CAPÍTULO 72

REGIONES PROXIMALES ANTERIORES DEL MIEMBRO SUPERIOR = REGIONES DEL ABRAZAMIENTO (Regiones axilar, anterior del brazo y flexural del codo)

El ABRAZAMIENTO necesita una FLEXIÓN DEL CODO Y DEL HOMBRO, estando muy definidos los grupos neuromusculares que lo realizan, integrables en regiones fácilmente. Así, resulta la REGIÓN FLEXURAL DEL CODO (FlC) (fig. 503)[1], la PREHUMERAL (PH) y la AXILAR (Ax)[2]. La flexión del codo se produce fundamentalmente por el *músculo braquial anterior* (fig. 504), que tira de la coronoides cubital hacia arriba en su inserción humeral. La flexión escapulohumeral está determinada, entre otros músculos, por el *coracobraquial*, que, inserto en el húmero, donde termina el braquial anterior, tracciona hacia arriba, hacia la coracoides. La flexión conjunta de ambas articulaciones la produce el *bíceps*, que traccionando de la tuberosidad bicipital del radio mediante un tendón muy definido (la expansión aponeurótica, que también existe aquí, tracciona del conjunto epitrócleo del antebrazo), se dirige hacia arriba para atarse mediante el llamado tendón corto en la coracoides y mediante el tendón largo, mucho más arriba, por encima de la glenoides, pero intracapsularmente, por lo cual tiene que meterse dentro de la articulación escapulohumeral a nivel de la corredera bicipital. De esta suerte, el bíceps realiza una acción común muy amplia, no solamente flexionando ambas articulaciones y supinando el antebrazo (a causa de la inserción en el radio), sino fijando en este proceso de contracción la articulación escapulohumeral. Notemos cómo los músculos indicados forman un grupo inervado por el llamado *nervio musculocutáneo* que, después de perforar el músculo coracobraquial, desciende tapado por el bíceps, haciéndose finalmente cutáneo.

Un nuevo matiz abrazador escapulohumeral lo da el músculo subescapular al tirar del troquín hacia adentro, produciendo una ROTACIÓN INTERNA. Distingamos este matiz abrazador del *subescapular*, de la acción aproximadora (propia del segundo acto de la trepa) encomendada al *redondo mayor* y al latísimo, músculos que con el subescapular están inervados por el *penacho axilar*, que unas veces forma nervio común y otras veces se encuentra disociado.

En el abrazamiento también contribuye la

---

[1] La región flexural del codo, fácilmente precisable, se agrupa funcionalmente con las regiones del abrazamiento, si bien establece continuidad morfológica acusada con la región anterior del brazo, con la que se diseca simultáneamente.

[2] Distínganse los límites y contenidos de cada región con la ayuda de la cuadrícula topográfica (fig. 139).

ACCIÓN PROPULSORA del hombro hacia adelante, a base del *serrato mayor*, que tira del borde espinal de la escápula hacia adelante (hacia su inserción anterior en las diez primeras costillas); el *músculo pectoral menor*, que tira de la coracoides hacia su inserción anterior en la tercera, cuarta y quinta costillas; el *músculo subclavio*, que tira de la clavícula hacia la primera costilla; en fin, el *músculo pectoral mayor*, que inserto en dos planos, en la corredera bicipital, tira de ésta en un acto de abrazamiento (figs. 504 y 508) hacia las costillas y esternón, constituyendo así el fascículo profundo en situación torcida; igualmente tira hacia la clavícula, constituyendo el fascículo superficial, todo ello bien conocido (1.er volumen). Estos músculos abrazadores-propulsores tienen también una fuerte ACCIÓN INSPIRATORIA; por ello, sus impulsos nerviosos proceden de alturas de metámeros respiratorios, siendo éste el motivo por el que sus nervios vienen bastante altos, como le pasa al *nervio del gran serrato* y al *nervio de los pectorales* formando asa (figura 506), que proceden de la quinta y sexta raíces cervicales.

Debe añadirse aquí que el pectoral menor se encuentra en el mismo plano del subclavio y del coracobraquial, estando este plano completado por una aponeurosis, que conecta y envuelve los tres músculos indicados: la llamada *aponeurosis axilar media*. La parte baja de esta aponeurosis o porción braquipectoral es un verdadero *ligamento suspensorio* del suelo axilar cutáneo.

De esta suerte se forma el HUECO AXILAR, por el que aprovecha su paso el llamado paquete VASCULONERVIOSO DE LA AXILA, que suministra al miembro la irrigación y vascularización. Estudiemos separadamente los nervios, que forman la parte fundamental, y después las arterias y linfáticos.

NERVIOS. Corresponden al llamado PLEXO BRAQUIAL, que está constituido por cinco gruesas raíces (C5, C6, C7, C8 y D1) (fig. 505), cuya unión, formando los troncos primarios superior, medio e inferior, debe de precisarse. Cada tronco primario sabemos que da lugar a una raíz anterior y otra posterior. Las raíces posteriores de los troncos primarios se reúnen para formar la llamada *aleta braquial posterior*, de donde sale el *nervio radial*, que se va a meter por el triángulo humerotricipital; el *nervio circunflejo*, que se introduce por el cuadrilátero humerotricipital; el *nervio coracoideo*, que se mete por el agujero coracoideo bajo el ligamento; nervios que serán mejor recordados en lecciones sucesivas. De este mismo plexo sale el *penacho axilar*, ya indicado en un principio. Las ramas anteriores de los troncos primarios del plexo braquial van a reunirse para constituir la *aleta braquial anterior*, pero esta unión no se realiza a la vez, sino escalonadamente, constituyendo troncos secundarios previos. En el mismo vértice de la aleta braquial anterior sale el nervio *mediano* e, inmediatamente más adentro, el *cubital;* por fuera, sin embargo, sale el *nervio musculocutáneo*.

ARTERIAS. La arteria axilar (fig. 506) aparece bajo la clavícula, como continuación de

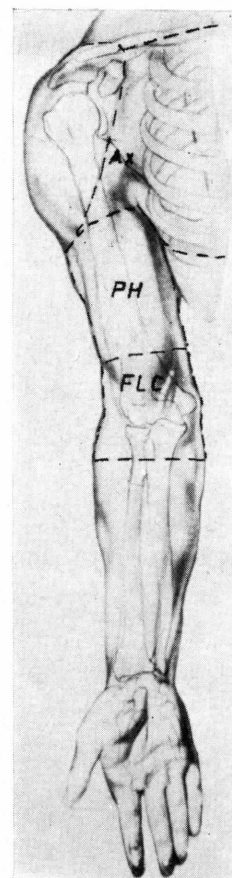


FIG. 503. — Obsérvense las regiones proximales anteriores del miembro, delimitadas, según la cuadrícula clásica, en las regiones: flexural del codo (FLC), región prehumeral (PH) y región axilar (Ax). Regiones, todas, destinadas al abrazamiento.

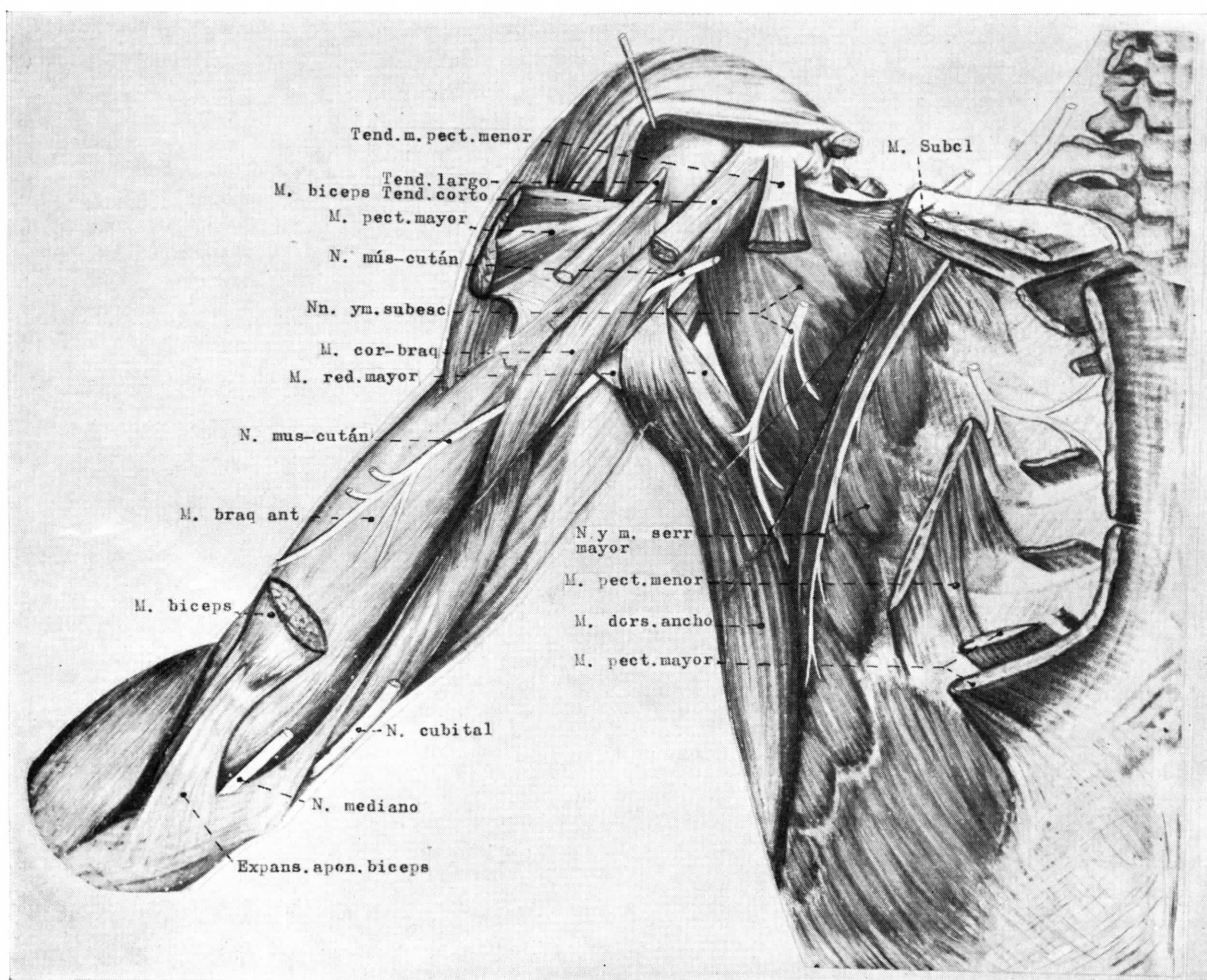


FIG. 504. — Sistemas neuromusculares de las regiones proximales anteriores de la extremidad.

FIG. 505. — El plexo braquial en su situación, cuyas ramas fundamentales recorren las regiones de nuestro estudio.

FIG. 506. — La arteria axilar y humeral con sus ramas distribuyéndose por las regiones de nuestro estudio.

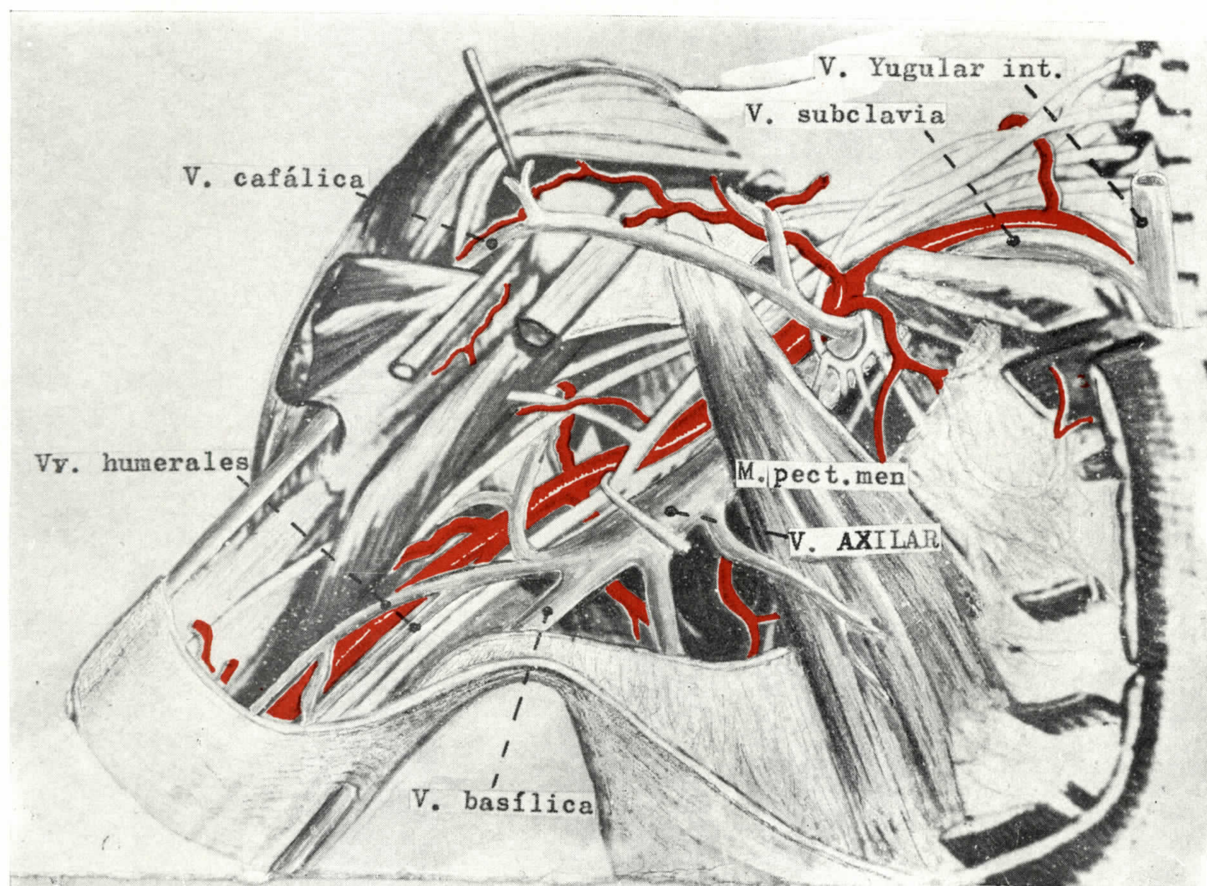


FIG. 507. — Todo el paquete vasculonervioso axilar, topográficamente situado y distribuido en las regiones de nuestro estudio.

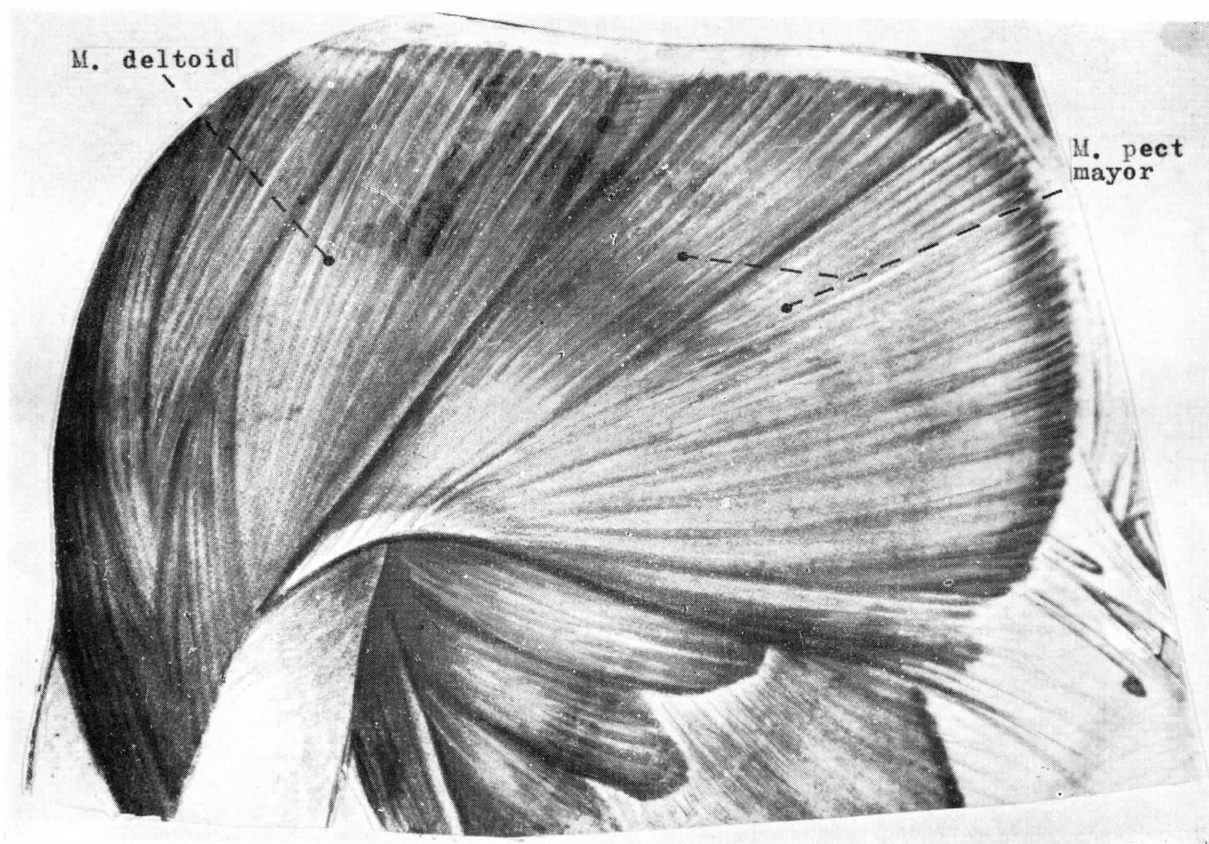


Fig. 508. — La región axilar oculta muscularmente.

la arteria subclavia, notando en seguida cómo atraviesa el ojal de la aleta braquial anterior (la llamada «V» del mediano), quedando entonces por detrás de este nervio y descendiendo, formando la *arteria humeral.*

Las ramas colaterales de la axilar y de la humeral deben de ser repasadas en la pieza natural, distinguiendo el *tronco acromiotorácico,* la *mamaria externa,* la *escapular anterior,* así como las *circunflejas,* anterior y posterior, ramas todas de la axilar. Igualmente deberán distinguirse las *cuatro colaterales humerales,* como son las dos externas, superior (humeral profunda) e inferior, y las dos internas, superior e inferior igualmente.

VENAS. La gran *vena axilar* (fig. 507), situada por delante de todo el paquete, debe de mostrar sus principales ramas integradoras, como son la *vena cefálica,* la *basílica* y su continuación de las venas humerales.

LINFÁTICOS. Los grupos ganglionares de la axila son muy abundantes por existir aquí gran espacio de expansión y por conectarse importantes redes que drenan la linfa de puntos opuestos. Debemos recordar los grupos siguientes (vol. 1.°): el *grupo ganglionar braquial,* que *drena* la linfa procedente de la extremidad superior; el *grupo dorsal,* que drena la linfa procedente de la espalda; el *grupo mamario,* en fin, que drena la linfa de la región mamaria, siendo éste el afectado en la mujer durante la evolución del cáncer de mama, tan frecuente en la menopausia. El drenaje de todos estos grupos y, en concreto, el mamario, va a confluir hacia el *grupo ganglionar central* y éste, a su vez, prolongándose por grupos ganglionares subclavios, conducirá la linfa centrípetamente por grandes conductos axilares colectores, satélites de la vena. La extirpación de un cáncer de mama, oportunamente indicada, obliga no sólo a la amplia separación de la zona visible juntamente con toda la parte muscular axilar anterior de los pectorales, sino también a resecar todas las cadenas ganglionares auxiliares a partir de la cadena mamaria. Una operación en estas circunstancias supone prácticamente un vaciamiento ganglionar de toda la axila, recordando así una técnica de disección [3].

---

[3] Para ligaduras vasculonerviosas en la región del codo, región anterior del brazo y axila, consultar capítulo 75.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

REGIONES PROXIMALES ANTERIORES DEL MIEMBRO SUPERIOR = Regiones del abrazamiento. Región flexural del codo. Región prehumeral. Región axilar. *Grupos neuromusculares abrazadores flexores. Grupos neuromusculares abrazadores respiratorios que propulsan el hombro. Hueco axilar. Paquete vasculonervioso axilar.* Plexo braquial. Arteria axilar y humeral. Venas axilares. Linfáticos axilares. Músculo braquial anterior. Músculo bíceps braquial. Músculo coracobraquial. Músculo subescapular. Músculo redondo mayor. Músculo serrato mayor. Músculo subclavio. Músculo pectoral menor. Músculo pectoral mayor. Aponeurosis axilar media. Aponeurosis axilar superficial. Arterias circunflejas. Arteria escapular anterior. Arterias mamarias externas. Arteria acromiotorácica. Arterias colaterales femorales.

CAPÍTULO 73

REGIONES DISTALES POSTERIORES DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR = REGIONES DEL APOYO

(Dorso de la mano, de la muñeca, del antebrazo y del codo)

El APOYO es una función accesoria de la extremidad superior (ayuda al apoyo esencial de la extremidad inferior). La postura de apoyo es la del miembro enderezado; por lo tanto, con el codo extendido y el antebrazo en cierta pronación; así, la dirección recta del brazo es una prolongación de la dirección recta del radio por donde se continúa la línea de fuerza y, a su vez, ésta se carga en el macizo carpiano (véase la fig. 509 y compárese con la fig. 510). A este propósito, el carpo apoya en el plano de sustentación mediante los dos labios de su canal óseo distensible, debiendo de notar que el labio de este canal que corresponde al pisiforme, es el que más se carga con el peso transmitido y actúa como un pequeño talón. El resto de la mano se adapta a la superficie de apoyo;. por lo tanto, la pinza de los dos primeros dedos queda extendida, y lo mismo podríamos decir de los demás dedos. Tal es la *postura esquelética para el apoyo*. Dicha postura debe mantenerse activamente y matizarse, adaptada a circunstancias especiales, merced a la acción de diversas masas musculares.

MÚSCULOS PARA EL APOYO. Un primer grupo debe de extender la muñeca para que apoye fundamentalmente el pisiforme. Un segundo grupo debe de matizar un estado pronador-supinador apropiado para el apoyo. Un ter-



FIG. 509 FIG. 510

FIGS. 509 y 510. — Esqueleto distal de la extremidad en posición un tanto prona (fig. 509) para el apoyo. Para comparar, se acompaña del mismo esqueleto (fig. 510) en posición supina visto por delante, como punto de partida.

→

FIGS. 511 y 512. — Sistemas neuromusculares de las regiones distales posteriores del miembro en dos fases sucesivas de reconstrucción.

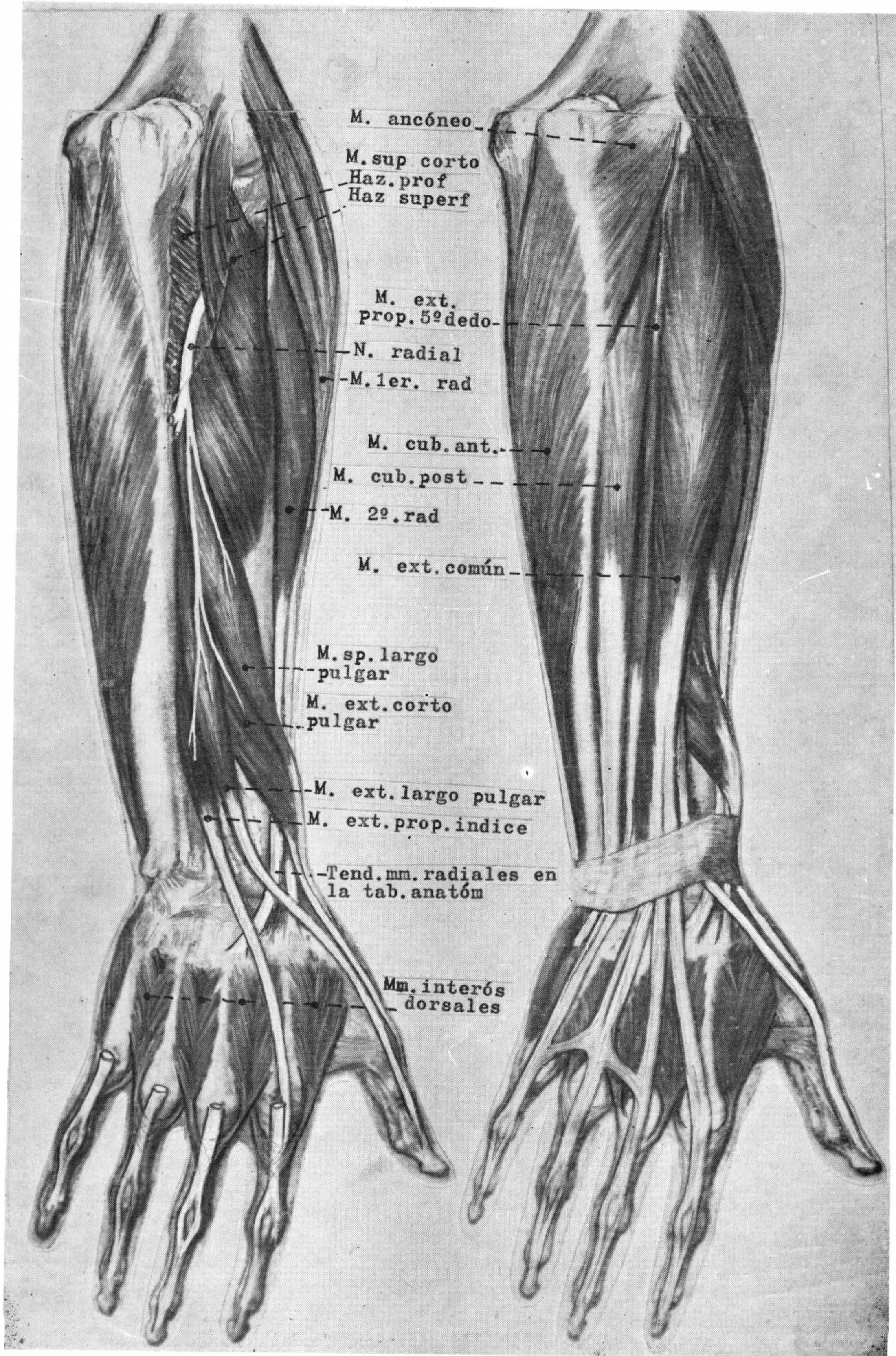


FIG. 511

FIG. 512

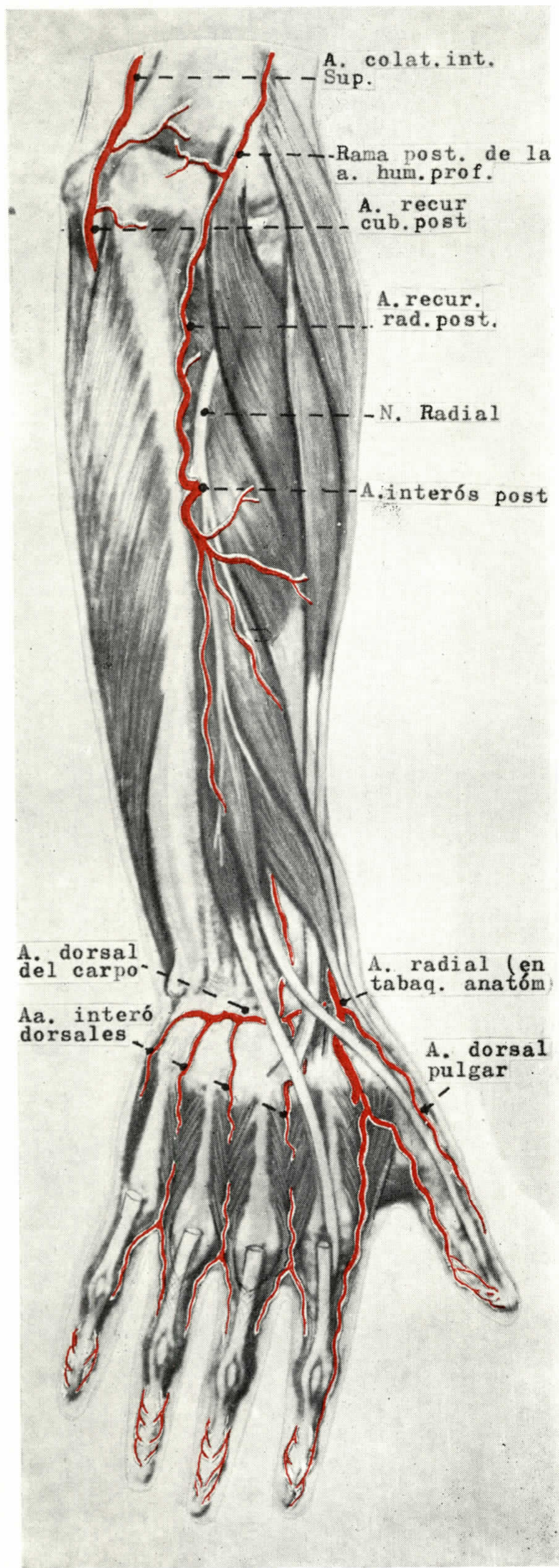


FIG. 513

cer grupo debe extender la pinza digital para el apoyo. Un cuarto grupo extenderá el resto de la mano adaptándolo al apoyo. Un último grupo endereza el codo y conseguirá la dirección rectilínea de todo el miembro para el apoyo. Estos cinco grupos funcionales tienen también una expresión topográfica y aplicativa apropiada.

El *grupo que extiende la muñeca para que apoye el pisiforme* corresponde a los *clásicos músculos radiales* (1.º y 2.º radial) (fig. 511), que por sus tendones inferiores se atan en las bases del segundo y del tercer metacarpianos, que es el lugar opuesto al pisiforme y más apropiado de traccionar para que éste pueda apoyarse en el plano de sustentación. Los vientres superiores de los músculos radiales acaban por encima del epicóndilo. A este grupo se une el grupo pronador-supinador ya referido, a base del llamado *supinador largo,* dispuesto en superficie, que por debajo se inserta en la estiloides radial y por arriba se inserta sobre los dos radiales, muy por encima del epicóndilo. De esta forma, al tirar el músculo de la estiloides radial, deja este hueso en una posición intermedia entre la pronación y la supinación, apropiada para el apoyo. No obstante, como la masa muscular anterior del antebrazo para la manipulación (referida en capítulos anteriores) es tan poderosa, y la actuación de los pronadores tan manifiesta, de aquí que la pronación sea habitual en el estado de descanso de la extremidad. Por eso, es necesaria una corrección supinadora especial que matice posiciones intermedias, además del músculo supinador largo indicado. Ello se consigue (entre otros músculos) mediante el *supinador corto,* que tira del cuello del radio hacia afuera haciéndolo rotar y, en consecuencia, supinando. El supinador corto recordemos que consta de un fascículo transversal que va al cúbito y un fascículo oblicuo que va al epicóndilo. Entre ambos pasa el nervio radial,

FIG. 513.— Distribución arterial de las regiones distales posteriores del miembro.
FIGS. 514 y 515. — Distribución en superficie de las venas y nervios sensibles de la extremidad superior.

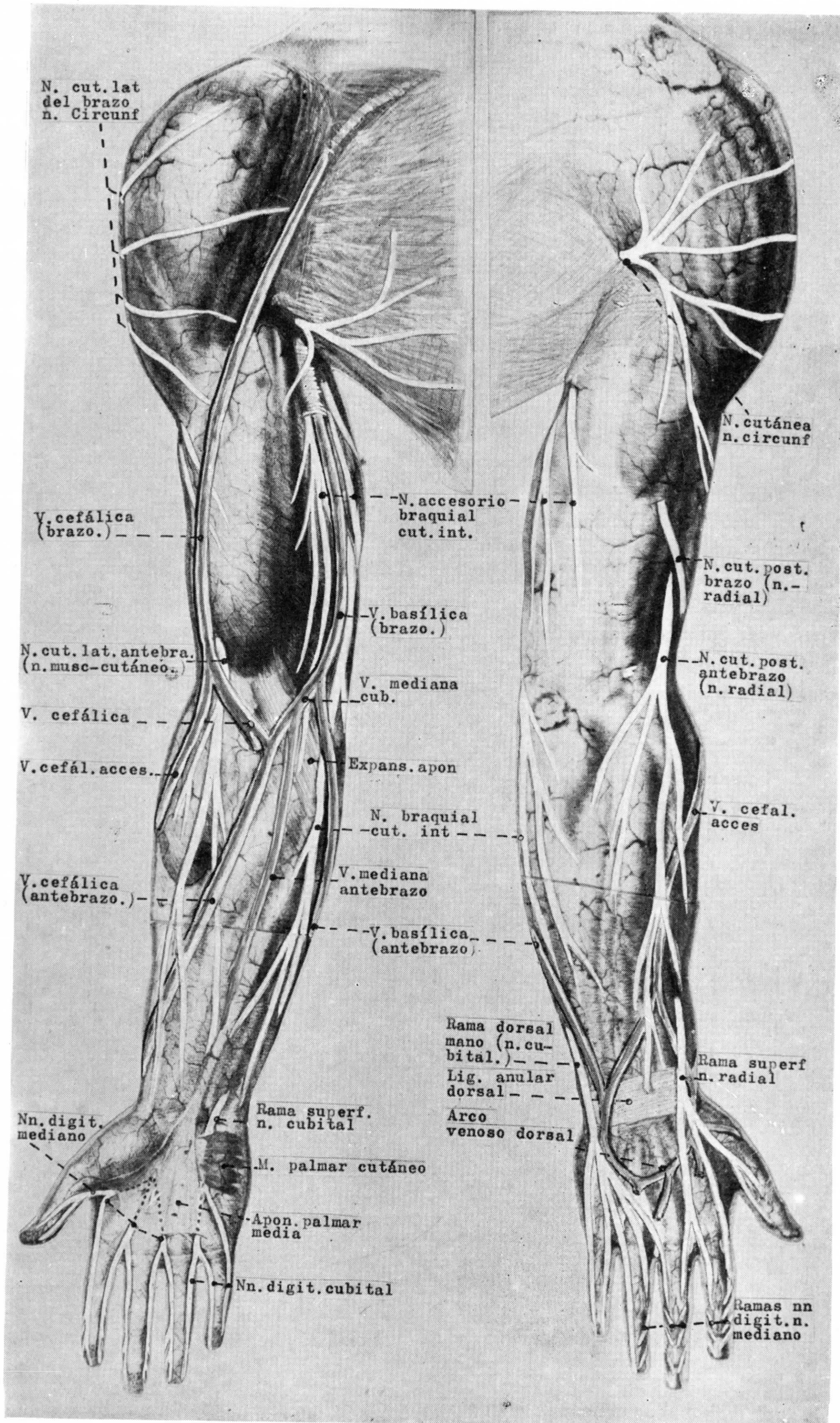


FIG. 514 FIG. 515

que desciende por la cara posterior del brazo a lo largo del canal radial. Este nervio va a dar impulso a todas las musculaturas indicadas y, en general, a todas las que integran el proceso del apoyo.

El *grupo que extiende la pinza digital para el apoyo* corresponde al *separador largo del pulgar*, al *extensor corto del pulgar*, al *extensor largo del pulgar* y al *extensor propio del índice*. El primero de éstos se inserta en la base del primer metacarpiano, dirigiéndose oblicuamente hacia arriba y terminando en el cúbito y en el radio, por debajo de la inserción del supinador corto. El segundo de estos músculos o extensor corto del pulgar, lo vemos insertándose en la base de la primera falange y por arriba no alcanza al cúbito, limitándolo por la inserción del radio. El tercer músculo, o extensor largo del pulgar, por debajo se inserta en la última falange, mientras que por arriba rebasa la inserción del extensor corto; dicho extensor largo se desvía bastante del extensor corto al llegar a la muñeca, obligado por la existencia de los tendones radiales que allí se encuentran. Por eso, la acción extensora larga va acompañada de una desviación hacia dentro del pulgar. Notemos que este dispositivo tendinoso constituye la *tabaquera anatómica,* ostensible bajo la piel. El cuarto músculo o extensor propio del índice llega sólo al cúbito.

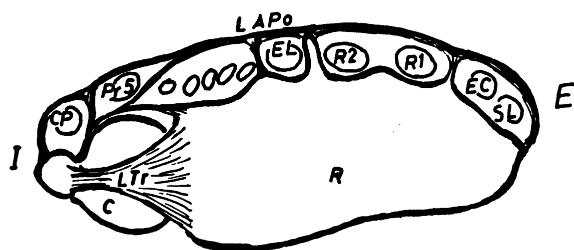


FIG. 516. — Esquema de una sección transversal de la articulación de la muñeca a nivel de su intersticio sinovial, ofreciendo el radio (R), el cúbito (C) y el ligamento triangular (LTr). Nótense varias correderas osteofibrosas sinoviales por el dorso, dispuestas de fuera a dentro, así: la de los dos tendones, separador largo (SL) y extensor corto (EC) del primer dedo; la de los dos tendones radiales (R1 y R2); la del extensor largo del primer dedo (EL); la corredera del extensor común, con la del propio del quinto dedo (Pr5.°); la del cubital posterior (CP).

El *grupo que extiende el resto de la mano para el apoyo* (fig. 512) corresponde al *cubital posterior*, que tira de la base del quinto metacarpiano hacia arriba, con lo cual corrige medialmente el matiz extensor externo que imprimían los radiales. El cubital posterior, por arriba, notemos que llega inserto a lo largo del cúbito hasta el epicóndilo, que también posee otro músculo y *tendón para el meñique*. Un poco más separado está el *extensor común*. Músculos todos que, por arriba, llegan al epicóndilo.

El *grupo que endereza el codo* corresponde al *anconeo*, así como la inserción olecraneana de los *vastos, externo e interno del tríceps;* todos ellos inervados por el radial (R), al que cubren.

INERVACIÓN Y VASCULARIZACIÓN. Después de pasar el *nervio radial* por el canal de torsión del húmero y por delante del epicóndilo, termina ramificándose profusamente entre los dos planos musculares del supinador corto, inervando así todas las musculaturas para el apoyo (fig. 511).

Notemos igualmente la *arteria interósea posterior* (fig. 513), rama del tronco de las interóseas cubitales, distribuyéndose entre el plano de los músculos de la pinza y el de los extensores comunes. Observemos que la arteria interósea posterior emite, al aparecer bajo el supinador corto, la recurrente radial posterior. Notemos, por último, la *arteria radial* en su corto trayecto dorsal de la mano, primer espacio interóseo hacia la región palmar. No nos olvidemos que la arteria radial aquí emite ramas colaterales para la pinza, como es la dorsal del pulgar y la interósea del primer espacio, pero apenas puede emitir ramas dorsales para el resto de los dedos; ello depende del desarrollo individual de una arteria dorsal del carpo que emite habitualmente.

En cuanto a *nervios sensibles,* distingamos (fig. 515) el nervio radial cutáneo de la mano; el nervio radial cutáneo del antebrazo; por último, los nervios cubital del dorso de la mano y braquial cutáneo interno. Todos ellos encargándose de la distribución sensible de estas regiones.

En cuanto a *aponeurosis,* recordemos la

existencia de un fuerte manguito superficial que envuelve todas las musculaturas del antebrazo y se inserta en el borde interno del cúbito, que queda libre a todo lo largo. Esta aponeurosis se refuerza por detrás de la muñeca, formando el ligamento posterior de la misma (fig. 516), cuyas correderas tendinosas deben ser recordadas en la pieza natural.

En cuanto a la *aplicación médica* de estos conocimientos, debemos de mencionar fundamentalmente la PARÁLISIS DEL NERVIO RADIAL, que no solamente imposibilita el apoyo, sino que imprime una postura permanente al miembro completamente opuesta a la del apoyo; esto es: flexión del codo, pronación, flexión de la muñeca, flexión de la pinza digital y flexión del resto de los dedos. Últimamente debemos de mencionar que este grupo de regiones que estudiamos (dorsos de la mano, de la muñeca, del antebrazo y del codo) es susceptible de traumatismos porque tales regiones se colocan en situación de defensa o protección, recibiendo así directamente el golpe [1].

[1] Para ligaduras y desarticulaciones en el dorso de la mano, muñeca, antebrazo y codo, consultar capítulos 75 y 76 de Anatomía Quirúrgica en el mismo volumen.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

REGIONES DISTALES POSTERIORES DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR = Regiones para el apoyo. Sustrato esquelético del apoyo. Dorsos de la mano, de la muñeca, del antebrazo y del codo. Sustrato neuromuscular del apoyo = *Sistema neuromuscular radial.* Sustrato del apoyo en la muñeca. Sustrato del apoyo en la pinza. Sustrato de apoyo palmar. Sustrato de apoyo enderezando el codo. Músculo supinador largo. Músculo supinador corto. Músculos radiales. Músculo separador largo del pulgar. Músculo extensor corto del pulgar. Músculo extensor largo del pulgar. Músculo extensor propio del índice. Músculo extensor común de los dedos. Músculo extensor del quinto dedo. Músculo cubital posterior. Músculo ancóneo. Arteria interósea posterior. Ligamento anular posterior de la muñeca.

CAPÍTULO 74

REGIONES PROXIMALES DORSALES DEL MIEMBRO SUPERIOR = REGIONES PARA LA TREPA (Región escapular, muñón del hombro y región posterior del brazo)

La TREPA ofrece, como ya sabemos, un primer tiempo en que el miembro se eleva para agarrarse en una zona alta; viene después el segundo tiempo, en que el miembro agarrado eleva el tronco. Estos dos tiempos los consigue el retrosoma en combinación con la raíz de la extremidad superior, precisamente las regiones indicadas en el título de la lección (véase fig. 517): región del muñón=deltoidea (Del); región escapular (Es), y región retrohumeral (RH).

En el PRIMER TIEMPO DE LA TREPA la elevación del miembro obliga a una separación del mismo, hasta que el húmero se dispone horizontalmente, momento en que el troquiter tiene que tropezar con el acromion. A este límite de separación le llevan músculos que actúan en el mismo troquiter, traccionando de él hacia arriba y adentro. Tales son: el *supraespinoso* (fig. 519), que desde la primera faceta del troquiter va a la fosa supraespinosa y cuya actuación separa el miembro hasta la posición horizontal. El *infraespinoso,* que desde la segunda faceta del troquiter va a la fosa infraespinosa, separando también el húmero, pero dirigiéndolo algo hacia atrás. Está, por último, el *redondo menor,* que desde la tercera faceta del troquiter tracciona hacia el borde axilar del omoplato, donde se inserta, con lo cual separa el húmero, pero lo dirige fuertemente hacia atrás. Reforzando la acción de los tres músculos indicados, se encuentra el *deltoides* (figs. 518 y 519), que se inserta en el húmero mediante un brazo de palanca más amplio (la impresión deltoidea de su cara externa), traccionando desde aquí hacia arriba e insertándose en el acromion, ampliando esta inserción por detrás a lo largo de la espina del omoplato y por delante a lo largo de la clavícula. Este músculo deltoides, dispuesto ampliamente como muñón carnoso, no sólo separa el brazo hacia la horizontal, sino que además le imprime matices de desviación hacia delante o hacia atrás, según participen en la contracción sus fibras más anteriores o más posteriores.

La inervación de todos los músculos indicados, correspondientes al primer acto de trepa, se hace mediante el *nervio coracoideo o supraescapular* (fig. 519), que pasa por debajo del ligamento caracoideo y va a inervar el músculo supra e infraespinoso. Tenemos, además, el *nervio circunflejo,* que aparece rodeando por detrás el cuello quirúrgico del húmero e inerva al redondo menor y al deltoides.

El primer tiempo de la trepa que referimos a la raíz del miembro, sabemos que se extiende al retrosoma y en concreto al trapecio,

que se inserta en el cinturón torácico de espina y clavícula y de aquí sus fibras traccionan de tal manera, que el cinturón torácico rota, elevándose la parte externa y descendiendo la parte interna, con lo cual el miembro puede seguir su elevación (desde la horizontal donde se encontraba) hasta alcanzar la vertical. El trapecio en situación normal tapa completamente el músculo supraespinoso.

En el SEGUNDO TIEMPO DE LA TREPA el tronco debe de elevarse al aproximarse al miembro que está previamente agarrado en lo alto. Este tiempo sabemos, al estudiar el retrosoma, que estaba realizado por el músculo latísimo merced a su inserción en el cuello quirúrgico del húmero (fondo corredera bicipital). Ahora podemos añadir el músculo *redondo mayor* (figs. 518 y 519), que sigue la misma dirección del tendón del latísimo, teniendo la misma inserción humeral que éste; sin embargo, la inserción medial se va a realizar en el ángulo inferior del omoplato.

Otro músculo que realiza la misma acción es la *porción larga del tríceps,* que desde el olécranon va a la escápula, hasta la faceta subglenoidea. También está el *vasto externo* y el *vasto interno,* cuyas inserciones comunes en el olécranon con la porción larga del tríceps y sus inserciones humerales por fuera y por dentro del canal de torsión, respectivamente, permiten su intervención en este segundo acto de trepa, precisamente en el momento final del mismo, al tener que contribuir en el apoyo del miembro enderezado, y además sosteniendo al cuerpo en posición invertida.

La inervación de los músculos del segundo tiempo de la trepa corresponde al *nervio radial* que aparece por el triángulo húmero-tricipital para descender después por el canal de torsión. Este nervio se encarga del tríceps. Independientemente de éste se encuentra el *nervio del redondo mayor y del latísimo,* que inervan a estos músculos por delante, como ya se indicó en capítulos anteriores.

Notemos, además, TRES ESPACIOS formados por entrecruzamientos musculares. El *triángulo omo-tricipital,* el *triángulo húmero-tricipital* y el *cuadrilátero húmero-tricipital,* cuyos límites deben de ser precisados. Notemos que la parte alta del cuadrilátero omo-tricipital muestra la cápsula de la articulación muy arrugada a este nivel, cuando el miembro está péndulo en reposo; al separarse el miembro, entonces la cápsula aquí se pone tensa, empujada por una buena parte de la cabeza del húmero que ocupa todo el espacio indicado. Si la actitud de separación se fuerza más, la cápsula aquí se puede romper por ser muy fina y laxa y entonces la cabeza del húmero, apoyada en el acromion por el troquiter, se luxa hacia abajo aprovechando el espacio del cuadrilátero húmero-tricipital. Este mecanismo de la *luxación* es el fundamento a tener en cuenta para que dicha luxación pueda ser reducida clínicamente.

El triángulo húmero-tricipital, libre de formaciones musculares, hay que tenerlo en cuenta en la *fractura del húmero por su parte media,* motivada por un traumatismo desde fuera. Entonces el fragmento superior de la fractura, desprendido por la libertad que le ofrece el espacio aludido, tiende a mo-

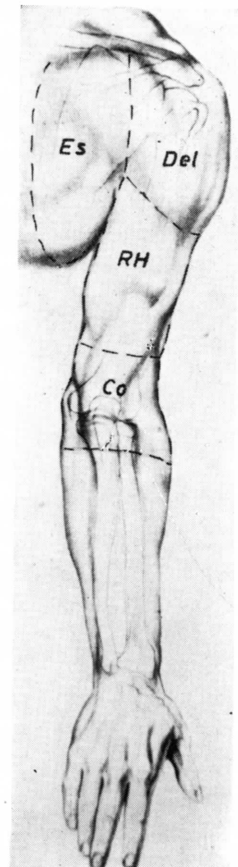


FIG. 517. — Regiones proximales posteriores del miembro organizadas para la trepa. Región del muñón o deltoidea (Del); región retrobraquial o retrohumeral (RH); región escapular (Es); región olecraneana del codo (Co).

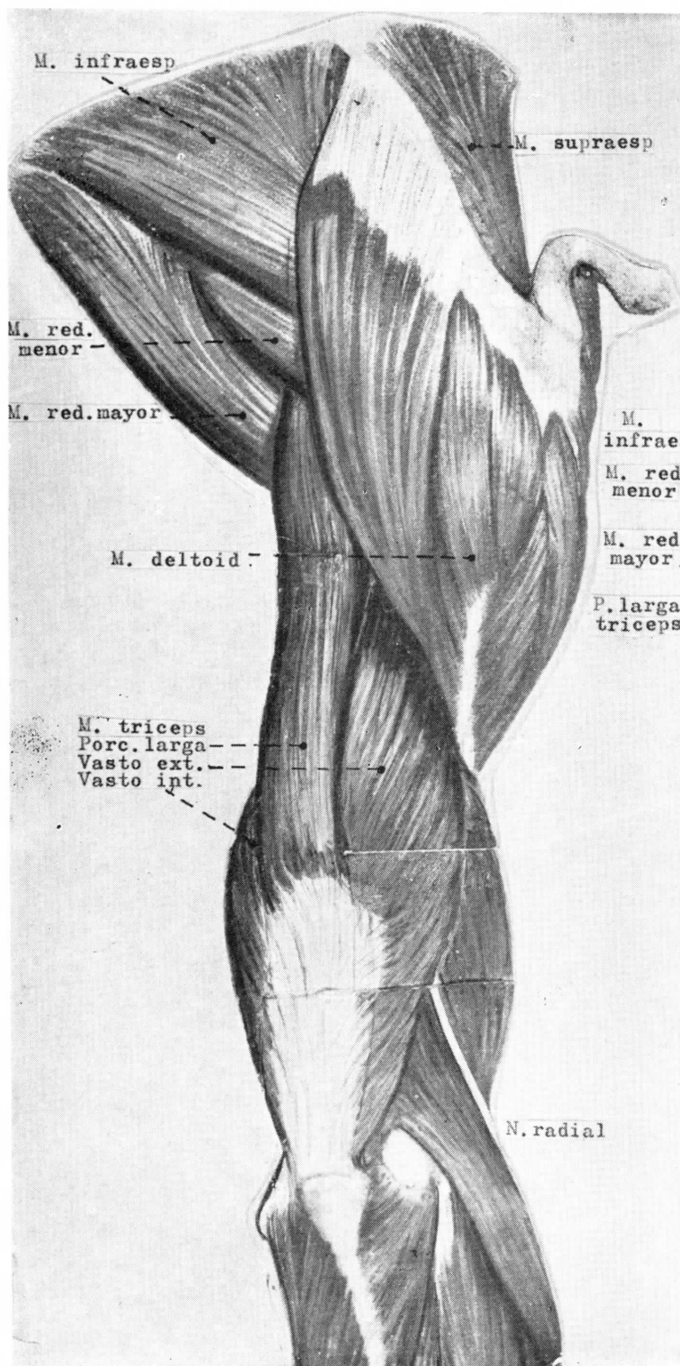


Fig. 518

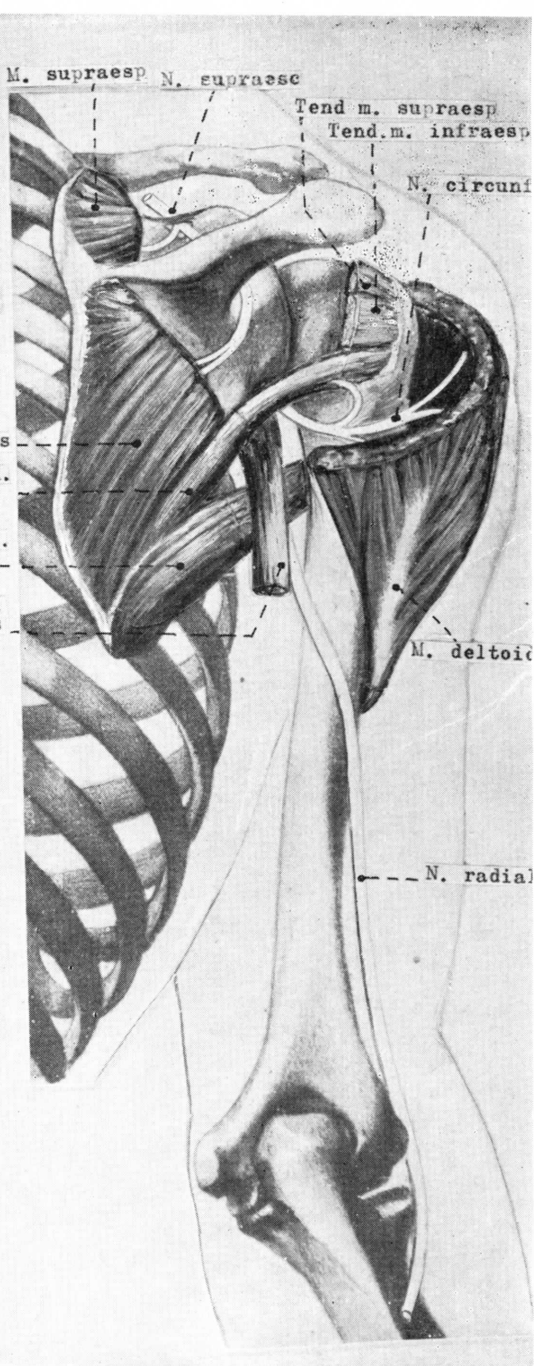


Fig. 519

Dos fases reconstructivas de los sistemas neuromusculares destinados para la trepa que integran las regiones proximales del miembro.

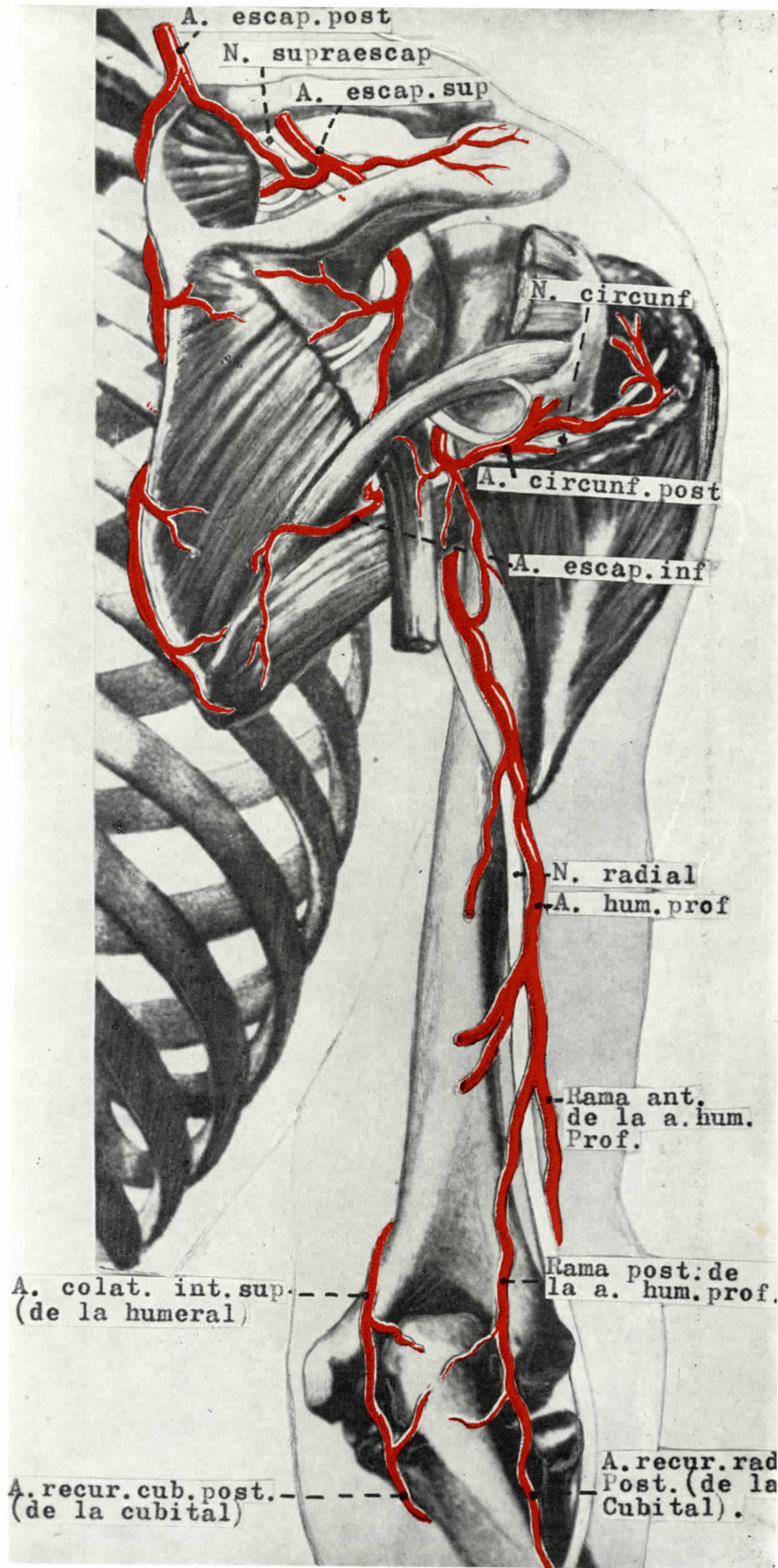


FIG. 520. — Distribución arterial de las regiones proximales posteriores del miembro.

vilizarse hacia fuera por la acción de los potentes músculos separadores del primer tiempo de la trepa. El fragmento distal, en cambio, asciende simplemente, obligado por el tríceps; con ello se pierde la continuidad de los fragmentos fracturados y esta continuidad debe de saberse restablecer al reducir la fractura clínicamente.

El *riego* de estas regiones (fig. 520) corresponde a la *arteria caracoidea o escapular superior* que va con el nervio caracoideo, pero por encima del ligamento; la *arteria escapular posterior,* ya conocida a propósito del retrosoma, y por último la *arteria escapular inferior,* que aparece por el triángulo omotricipital. Notemos cómo estas tres arterias van a formar un círculo periescapular que asegura el riego de la región por anastomosis mutuas. Otra arteria a tener en cuenta es la *circunfleja posterior,* que sale por el cuadrilátero húmero-tricipital, y la *humeral profunda,* que acompaña al nervio radial y, por lo tanto, aparece por el triángulo húmero-tricipital para continuar después a lo largo del canal de torsión.

El conjunto de las tres REGIONES permite, a su vez, una reagrupación de las mismas con cierta independencia: la del *muñón del hombro* o *deltoidea* (Del) (fig. 517), la *escapular* (Es) y la posterior del brazo o *retrohumeral* (RH); todas ellas, reunidas como regiones dorsales de la raíz de la extremidad, destinadas para la trepa [1].

[1] Para ligaduras y desarticulaciones en la región posterior del brazo, muñón del hombro y región escapular, véanse los apartados correspondientes de los capítulos 75 y 76 de Anatomía Quirúrgica.

CONCEPTOS A PUNTUALIZAR:

REGIONES PROXIMALES POSTERIORES DEL MIEMBRO SUPERIOR = Regiones de la trepa. Región del muñón del hombro. Región deltoidea. Región retrohumeral. Sistema muscular coracoideo. Sistema neuromuscular circunflejo. Círculos arteriales circunflejos y escapulares. Triángulo humerotricipital. Cuadrilátero humerotricipital. Triángulo omotricipital. *Sustrato del primer tiempo de la trepa. Sustrato del segundo tiempo de la trepa.* Músculo supraespinoso. Músculo infraespinoso. Músculo redondo menor. Músculo deltoides. Músculo tríceps braquial. Vasto interno. Vasto externo. Porción larga del tríceps o vasto medio. Arteria colateral externa superior humeral = Humeral profunda. Nervio radial.

CAPÍTULO 75

ACCESO A LOS PAQUETES VASCULONERVIOSOS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

Distingamos en primer lugar las *proyecciones vasculonerviosas en superficie* para plantear la vía de acceso; analicemos después de la *incisión cutánea* las referencias que van apareciendo conforme profundizamos en la vía que se haya elegido.

Los vasos, referidos a las arterias, a partir de la axilar, ofrecen una línea de proyección que parte justamente de la mitad de la clavícula (Ax) (fig. 521) y desciende en dirección rectilínea hacia la zona de hueco cutáneo de la axila, de donde arranca el brazo. De aquí sigue convertida en humeral (H) hasta la misma «V» de la flexura del codo y, por lo tanto, por dentro del tendón palpable del bíceps. Entonces la arteria radial (R), que es su rama externa de bifurcación, seguirá desde este punto, siempre en superficie, deslizándose a lo largo del canal muscular que hay en el antebrazo (entre la planicie de músculos epitrócleos y el relieve de los músculos epicondíleos), continuando su trayecto hasta el mismo canal del pulso ante la estiloides radial; entonces, conservando siempre su dirección, la arteria radial se desliza al dorso de la mano bajo los tendones de la tabaquera anatómica. En cuanto a la arteria cubital (C), ésta sólo es ostensible en la profundidad del canal muscular interno anterior del antebrazo, canal que tiene efectividad en su tercio medio y en su tercio inferior. Así llega hasta el pisiforme, desde donde la arteria cubital se convierte en arco palmar superficial que apunta a la raíz del segundo dedo.

Las proyecciones indicadas plantean las siguientes vías de acceso (fig. 522): a la arteria axilar y plexo braquial a nivel del vértice de la axila mediante una incisión a lo largo de la clavícula bajo su tercio medio (1.°). Acceso a la arteria axilar y a su plexo braquial en la base de la axila, haciendo la incisión longitudinalmente (2.°) en el relieve braquial que delimita por fuera dicho hueco cutáneo. Acceso a la arteria humeral y nervio mediano en la flexura del codo, mediante una incisión (3.°) en el canal interno de dicha zona. Acceso al nervio radial, que se desliza por el canal muscular externo de la flexura del codo, haciendo la incisión (4.°) a lo largo de dicho canal. Acceso a la arteria radial en el canal muscular del antebrazo, pudiendo hacer la incisión a cualquier altura, siempre sobre dicho canal (5.°). Acceso a la arteria cubital en el canal muscular interno del antebrazo, procurando localizar primero dicho canal para hacer la incisión sobre él (6.°), bien a nivel del tercio inferior del antebrazo o bien a nivel del tercio medio, pero nunca a nivel del tercio superior, pues aquí no existe canal de referencia (en el tercio medio e inferior del antebrazo la arteria cubital es proyectada con el nervio cubital que le acompaña). Acceso al arco palmar superficial mediante una incisión que desde el pisiforme apunta a la raíz del segundo dedo (7.°), pues

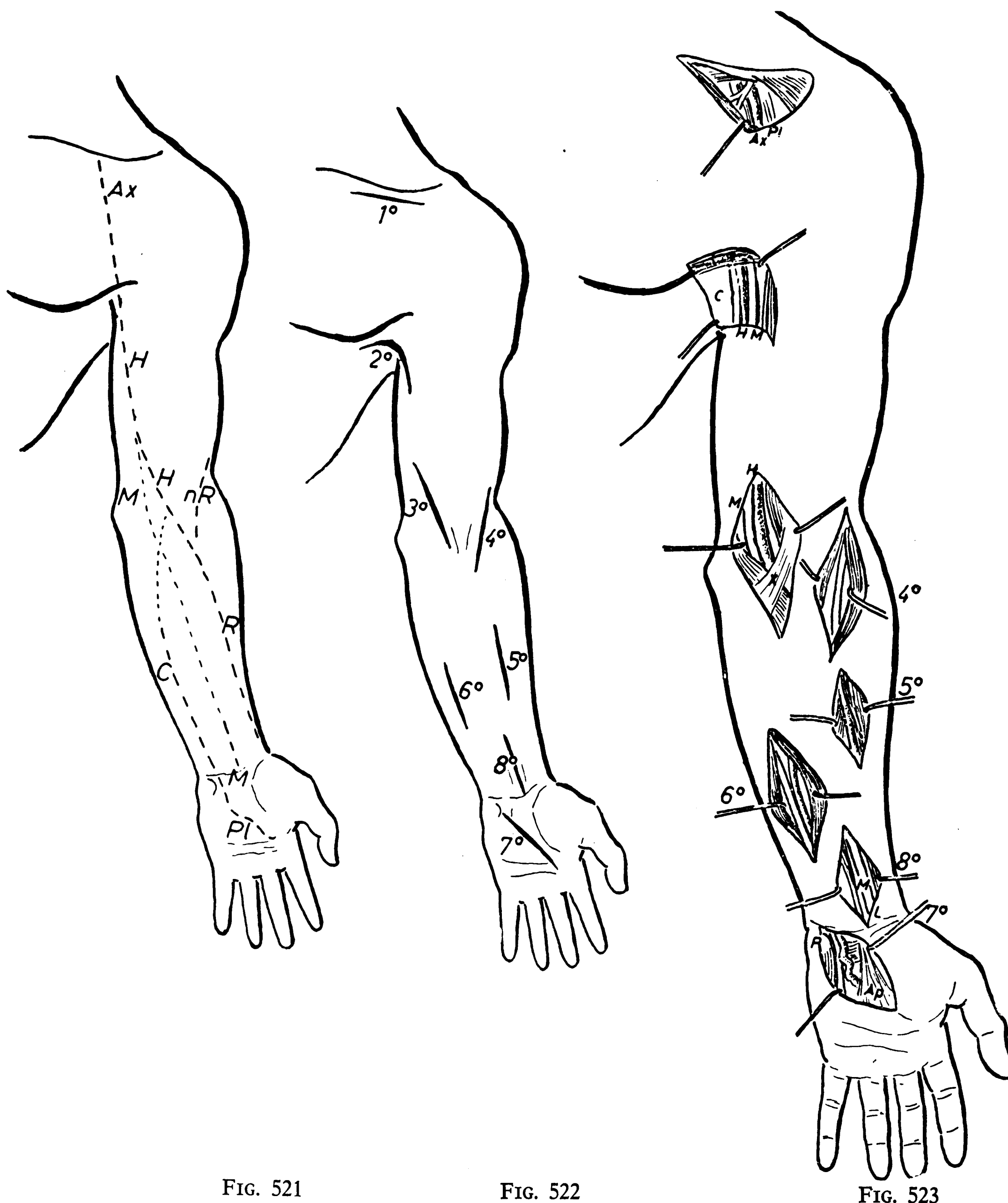


FIG. 521 FIG. 522 FIG. 523

Visión esquemática anterior de la extremidad superior, apreciando sucesivamente: primero, las proyecciones vasculonerviosas (puntos) (fig. 521); en segundo término, las zonas elegidas para la incisión cutánea (fig. 522); en tercer lugar, las vías de acceso a través de las incisiones cutáneas elegidas (fig. 523).

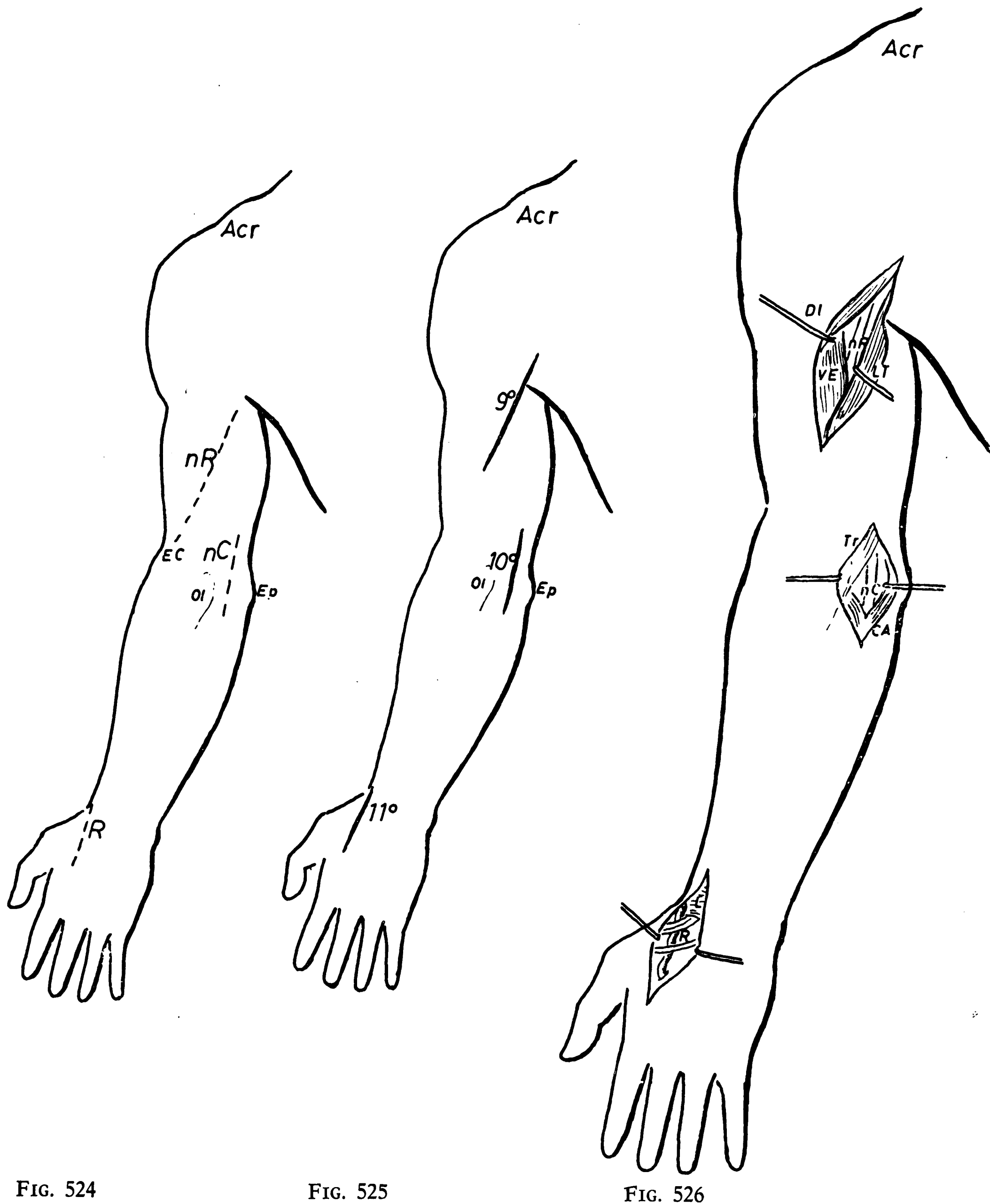


FIG. 524 FIG. 525 FIG. 526

Visión esquemática posterior de la extremidad superior, apreciando sucesivamente: primero, las proyecciones vasculonerviosas (puntos) (fig. 524); en segundo término, las zonas elegidas para la incisión cutánea (fig. 525); en tercer lugar, las vías de acceso a través de las incisiones cutáneas elegidas (fig. 526).

así se cae justamente sobre la proyección de la arteria. Acceso al nervio mediano antes de llegar a la muñeca practicando una incisión que cae sobre la proyección de su trayecto, o sea, entre los tendones palpables del palmar mayor y menor (8.°).

En cuanto a las proyecciones vasculonerviosas de la parte posterior del miembro (figura 524), merecen destacarse: la arteria radial (R) (fig. 524), que descendía verticalmente desde la estiloides del radio bajo los tendones de la tabaquera para perforar el primer espacio metacarpiano. A nivel del codo interesa el nervio cubital (nC) por detrás de la epitróclea. En cuanto a la proyección del nervio radial (nR) (fig. 524), hay que tener en cuenta el canal de torsión. Por estos motivos las incisiones para las vías de acceso en la cara posterior del miembro las realizamos de la manera siguiente: acceso al nervio radial en el canal de torsión proyectado oblicuamente desde el pliegue axilar posterior en el brazo hasta el epicóndilo, debiendo de hacer la incisión a lo largo en el tercio medio de dicha proyección (9.°, fig. 525). Acceso al nervio cubital detrás de la epitróclea mediante una incisión vertical en esta misma zona (10.°). Acceso a la arteria radial en la tabaquera anatómica haciendo una incisión a lo largo de su trayecto proyectado desde la estiloides radial hasta el primer espacio intermetacarpiano (11.°).

1.° El acceso a la arteria axilar y plexo braquial a nivel del vértice de la axila requiere una incisión cutánea a lo largo de la clavícula en su tercio medio (1.°) (fig. 522) que llegue hasta el mismo hueso e inclusive seccione aquí las inserciones del gran pectoral. En estas condiciones, el lado inferior de la incisión puede ser reclinado y con él el músculo pectoral también cortado; la reclinación de este pectoral hacia abajo muestra en seguida el músculo subclavio cubierto por su aponeurosis, e inmediatamente debajo de éste se manifiesta tenso el nervio del pectoral mayor, a causa de la tracción que se hace al reclinar este músculo. La disociación aquí de la aponeurosis clavipectoral pone en la evidencia la arteria axilar (Ax) (fig. 523) entre raíces del plexo braquial (Pl) que están por fuera; por dentro está la vena.

2.° Acceso a la arteria axilar y plexo braquial en la base de la axila. La incisión se hace longitudinalmente en el relieve braquial que sobresale en el hueco axilar (2.°, figura 522); la reclinación de los dos labios cutáneos nos lleva a demostrar el músculo coracobraquial y, casi a la vez, a la arteria humeral (H) (fig. 523), rodeada de cuatro nervios, que son: por delante, el mediano (M); por fuera, el músculo cutáneo; por dentro, el cubital (C), y por detrás, el radial.

3.° Acceso a la arteria humeral y al nervio mediano en la flexura del codo. La incisión cutánea que se da en el canal interno de la flexura del codo (3.°) (fig. 522) descubre la aponeurosis subyacente y en ella se distingue la expansión aponeurótica del bíceps (X) (fig. 523). Esta expansión, que nos lleva al mismo tendón del bíceps, ofrece debajo, y pegada por dentro del tendón del bíceps, la arteria humeral (H). Más adentro aún está el nervio mediano (M), a punto de ser cubierto por el músculo pronador redondo que constituye el labio interno del canal vascular de la flexura del codo.

4.° Acceso al nervio radial en la flexura del codo. La incisión cutánea que se da, cayendo justamente sobre el canal muscular externo de la flexura del codo, descubre (4.°) (fig. 522), tras la separación de los labios y disociación de la aponeurosis, un campo muscular, en el que se debe de distinguir la masa supinadora a base del músculo supinador largo y la masa del braquial anterior. Separando la primera masa hacia afuera (4.°) (fig. 523) y la segunda hacia adentro, encontramos en el fondo el nervio radial.

5.° Acceso a la arteria radial en su canal del antebrazo. La incisión que se realiza (5.°) (fig. 522) sobre la proyección de la arteria radial a cualquier nivel, debe de conducir a las dos masas musculares que limitan el canal por fuera y por dentro, masas que corresponden a los músculos supinado-

res que quedan por fuera y a los músculos epitrocleares que quedan por dentro de dicho canal (5.º) (fig. 523). Naturalmente, estas masas deben de quedar claramente demostradas, para lo cual la incisión cutánea fue seguida de la incisión de la aponeurosis que cubría a estas capas, debiendo de encontrar subaponeuróticamente la arteria radial (no confundirla con los vasos venosos que puedan encontrarse sobre la aponeurosis superficial).

6.º ACCESO A LA ARTERIA Y NERVIO CUBITAL EN EL CANAL INTERNO DEL ANTEBRAZO. Una vez localizado el canal de referencia que proyecta el trayecto de la arteria y del nervio cubital (C) (fig. 521) y practicada la incisión sobre el mismo (6.º) (fig. 522), hay que seguir seccionando en el mismo sentido el plano aponeurótico para poder separar el músculo cubital hacia dentro (6.º) (fig. 523) y los músculos flexores superficiales hacia afuera. Entonces se encuentra en profundidad el nervio y la arteria cubital. Si la masa muscular de flexor superficial común que se reclina hacia afuera se la descubre todo lo posible en su cara profunda, podrá percibirse enclavado allí el nervio mediano, lo cual también constituye así una vía de acceso a este nervio.

7.º ACCESO AL ARCO ARTERIAL PALMAR SUPERFICIAL. Topografiado el arco (PL) (figura 521) como continuación de la arteria cubital (C) desde el pisiforme hasta la raíz del segundo dedo, puede procederse a la incisión cutánea (7.º) (fig. 522) tomando las referencias indicadas. La separación de los dos labios de incisión demuestra, hacia afuera, la aponeurosis palmar media (Ap) (fig. 523), bajo la cual se introduce el arco arterial palmar superficial, que entonces queda bien en manifiesto si se reclina bien el labio interno de la incisión cutánea, con lo cual quedará separada también la musculatura hipotenar, lanzada desde el pisiforme (P.). Nótese que junto a la arteria está el nervio cubital dividiéndose terminalmente en una rama motora que se profundiza y varias superficiales más extensibles.

8.º ACCESO AL NERVIO MEDIANO EN LA MUÑECA. La incisión cutánea (8.º) (fig. 522), dada entre los tendones del músculo palmar menor y palmar mayor y que cae sobre la proyección del nervio, debe de ser abierta ampliamente, mostrando después de haber cortado la aponeurosis superficial (8.º) (figura 523), el tendón del músculo palmar menor, así como el del palmar mayor y el mediano (M), en situación intermedia, formaciones todas demostrables a nivel más elevado que el ligamento anular de la muñeca (L), que naturalmente no se corta y se distingue de la aponeurosis superficial del antebrazo que hubo de seccionarse.

9.º ACCESO AL NERVIO RADIAL EN EL CANAL DE TORSIÓN. Por la observación de la fig. 524 notamos la proyección del radial (nR) en el canal de torsión, dispuesta oblicuamente en el antebrazo, y la incisión cutánea (9.º) (figura 525) sobre dicha proyección; después, tras reclinación de los labios, hay que reconocer la porción larga del tríceps, que es la que se debe reclinar hacia dentro (LT) (fig. 526), con lo cual queda en el labio externo de la vía de acceso el músculo vasto externo (VE) y el deltoide (Dl). Esta separación debe de realizarse fácilmente, encontrando entonces en el fondo el canal de torsión con el nervio radial (nR).

CAPÍTULO 76

ACCESOS ORTOPÉDICOS DE LA EXTREMIDAD SUPERIOR

Casi todos ellos posibilitan resecciones articulares que permitan conservar en lo posible la función de la zona restante. Distingamos, por ejemplo: 1.° La resección metacarpiana. 2.° La resección carpiana. 3.° La resección ortopédica del codo. 4.° El acceso ortopédico a la articulación del hombro. 5.° El vaciamiento ganglionar de la axila. Casi todas estas intervenciones son motivadas por osteomielitis y artrocaces; la última, en concreto, por metástasis neoplásica desde la mama.

1.° Resección metacarpiana

Cualquier metacarpiano es fácilmente accesible desde el dorso de la mano, pudiendo tocar, bajo la piel, el cuerpo y la cabeza de cualquiera de ellos (1.°) (fig. 528); la base, sin embargo, queda un tanto confundida dentro de la línea de articulación de las bases de todos los metacarpianos. Si tomamos como ejemplo el tercer metacarpiano, puede trazarse una incisión longitudinal a lo largo de su cuerpo (fig. 528), que lo descubra desde su cabeza hasta su base, para lo cual habrá que legrar después y separar del hueso todas las musculaturas interóseas que en él se insertan (fig. 529). La incisión cutánea referida, al llegar a la base del dedo, se abre en raqueta por el dorso y lo abarca completa y continuamente por su parte palmar. Así puede ampliarse la abertura y el legrado que pone al descubierto las caras óseas del metacarpiano puede continuarse profundamente, aislándolo del resto de las paredes blandas que lo circundan y, por lo tanto, cortando los tendones flexores superficial y profundo; basta para ello tan sólo ceñir el cuchillo marginando el cuerpo del hueso longitudinalmente a su alrededor. Esta maniobra es ayudada al sujetar y traccionar del tercer dedo, que siempre queda articularmente unido al metacarpiano que se va a resecar y que, por lo tanto, se reseca también, puesto que dicho dedo no es necesario, ya que al carecer de apoyo pierde su función.

En las condiciones indicadas, el eje del dedo con el metacarpiano ha quedado libre por todas sus partes menos por su base carpiana. Ésta debe de desarticularse abriendo los intersticios articulares intermetatarsianos. Lo mismo debe de hacerse con la articulación carpometacarpiana, que debe también ser abierta en superficie y en profundidad. Entonces la tracción del metacarpiano, acompañada de ligera torsión y apalancamiento hacia el dorso, permite arrancar los escasos ligamentos palmares que quedan en su base de implantación.

2.° Resección carpiana

La interlínea articular de la muñeca puede ser topografiada dorsalmente, tomando como referencia las apófisis estiloides del cúbito y del radio, fácilmente tactables. Estas apófisis permiten no sólo la proyección de la articulación radiocubitocarpiana, sino también la intercarpiana (fig. 527).

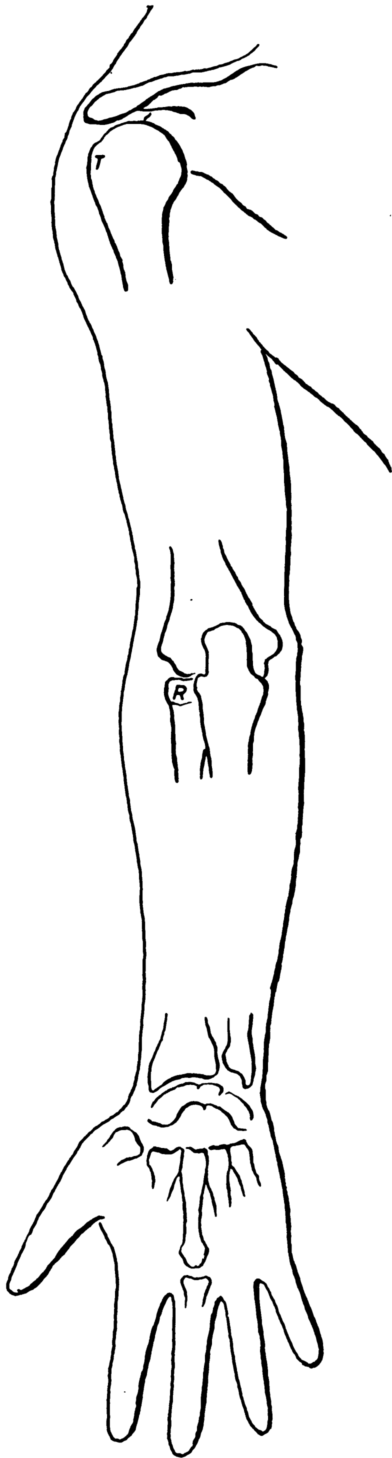


FIG. 527

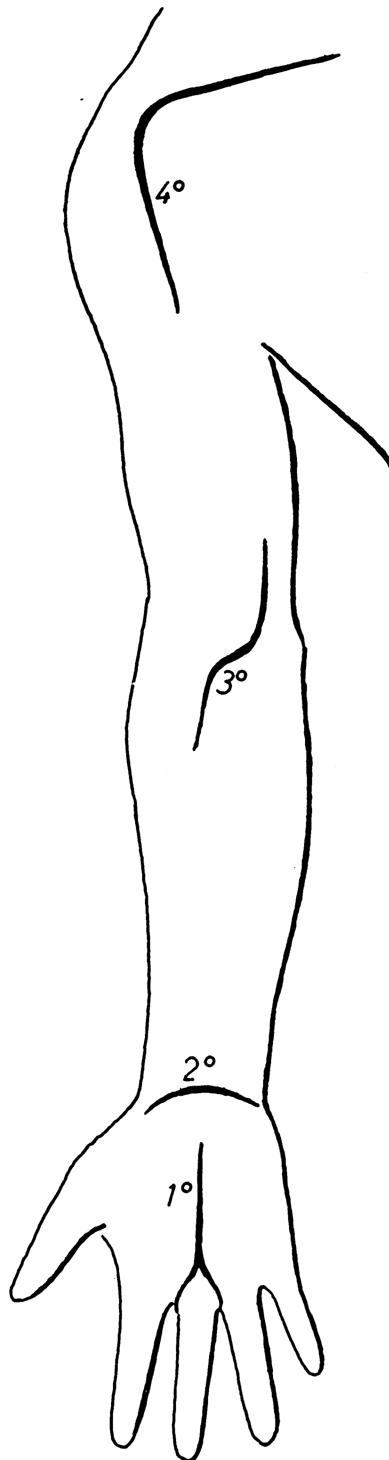


FIG. 528

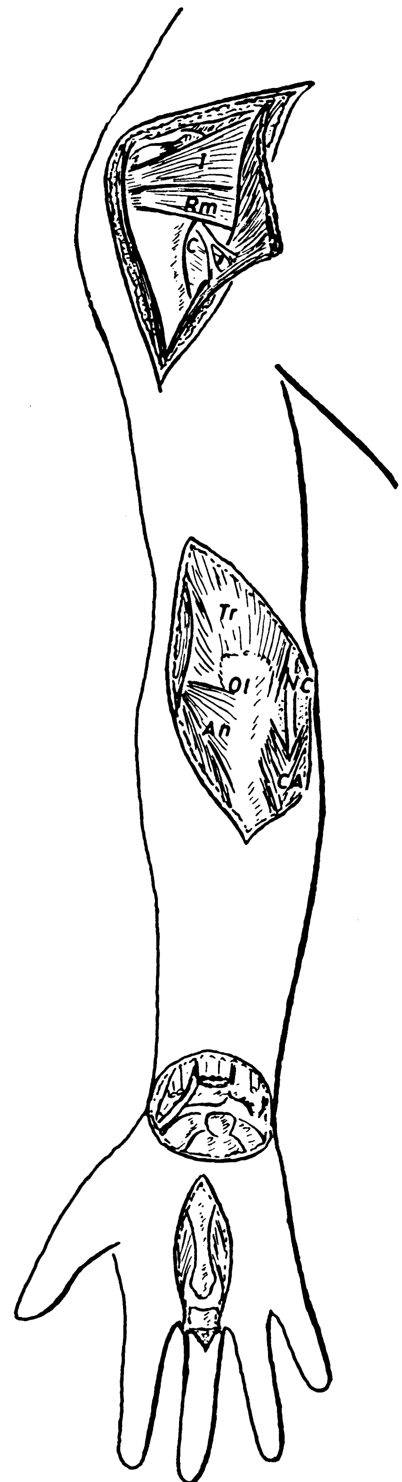


FIG. 529

FIGS. 527, 528 y 529. — Panorama esquemático posterior de la extremidad superior para referir accesos ortopédicos. Las referencias que se indican en un principio (fig. 527) permiten después trazar la incisión cutánea (fig. 528). Por último, tras sección de los planos intermedios, se descubre la superficie exterior osteoarticular.

La incisión debe hacerse, pues, en el dorso, siguiendo la proyección de la línea radiocubitocarpiana y profundizando hasta llegar a la cápsula articular (2.º) (fig. 528). Por lo tanto, quedarían cortados también una gran cantidad de tendones de tipo extensor que se encuentran en esta zona (fig. 529). Interesaría respetar, por lo menos, los tendones de la tabaquera, o sea, los extensores de la pinza digital, pues debe de contarse con que, *a posteriori*, dicha pinza pueda seguir funcionando.

Notemos que las manipulaciones precedentes permiten un amplio descubrimiento de la cápsula y la amplia abertura de la articulación, que entonces muestra la primera fila del carpo, fácilmente resecable, con sólo bordear durante el corte los perfiles óseos de las piezas componentes.

3.º Resección ortopédica del codo

Notemos el olécranon bajo la piel y, lo mismo, la epitróclea (fig. 527); el epicóndilo queda un tanto oculto por las musculaturas laterales externas, pero a pesar de ello debe ser tactado, cosa que se consigue fácilmente al flexionar la articulación, notándose entonces, además, el ribete de la cúpula radial (R) inmediatamente debajo. El codo es, pues, accesible por la parte posterior, siendo la incisión cutánea un tanto oblicua hacia abajo y hacia afuera, de tal forma que al llegar al relieve del olécranon (3.º) (fig. 528) se quiebre en forma de bayoneta, marginándolo por fuera. Separados ampliamente los labios de la incisión cutánea, queda el olécranon al descubierto (Ol) (fig. 529), y lo mismo el músculo tríceps (Tr), que por arriba se inserta en él. También queda el músculo ancóneo (An), que se inserta por fuera, y el cubital anterior (CA), que se inserta por dentro, mostrando este músculo aquí sus dos dientes de implantación, entre los que se introduce el nervio cubital (NC). Pues bien, todos los músculos indicados deben de legrar-

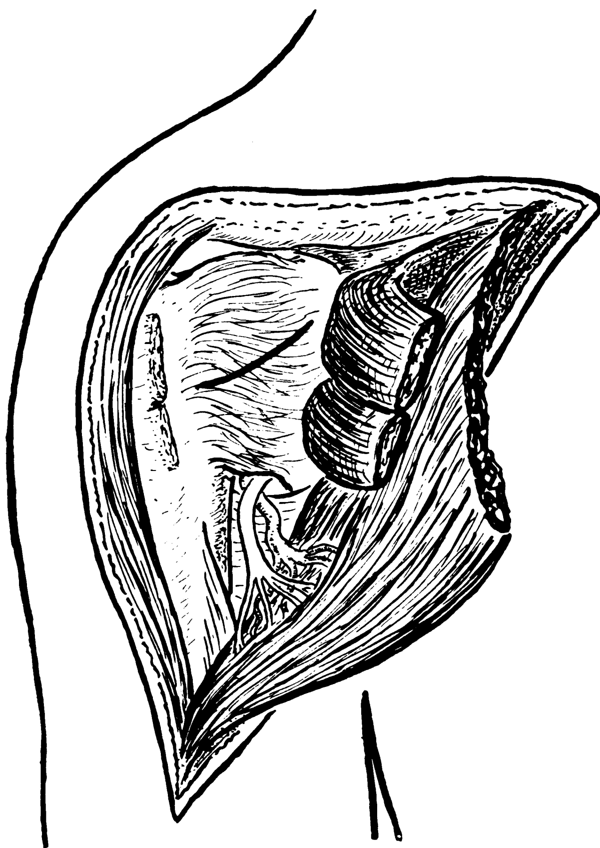


FIG. 531. — Reclinado el colgajo deltoideo y desinsertos los músculos que van al troquiter, la articulación escápulo-humeral queda asequible por detrás y en condiciones de ser abierta mediante una incisión capsular en forma de «T».

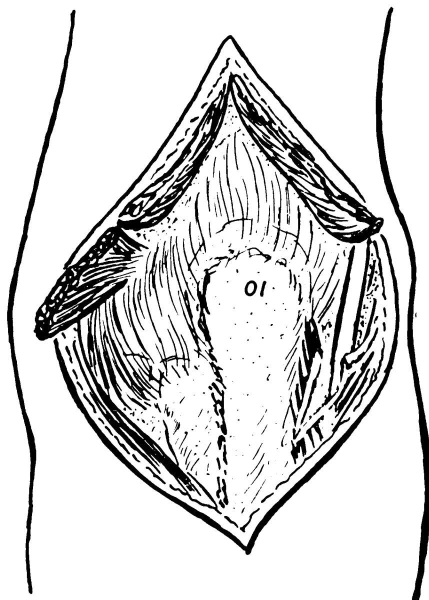


FIG. 530. — Descubierto todo el olécranon y legrados los músculos que se insertan en esta apófisis, queda la articulación del codo en condiciones de ser abierta.

se en su misma inserción ósea olecraneana, empezando por el tríceps de dentro a fuera y siguiendo con el ancóneo en la misma dirección. Lo mismo haríamos con el cubital anterior, pero legrando desde el olécranon (Ol) (fig. 530) de fuera a dentro y, sobre todo, teniendo cuidado, al legrar, que resulte incluido en el músculo el nervio cubital sin daño alguno.

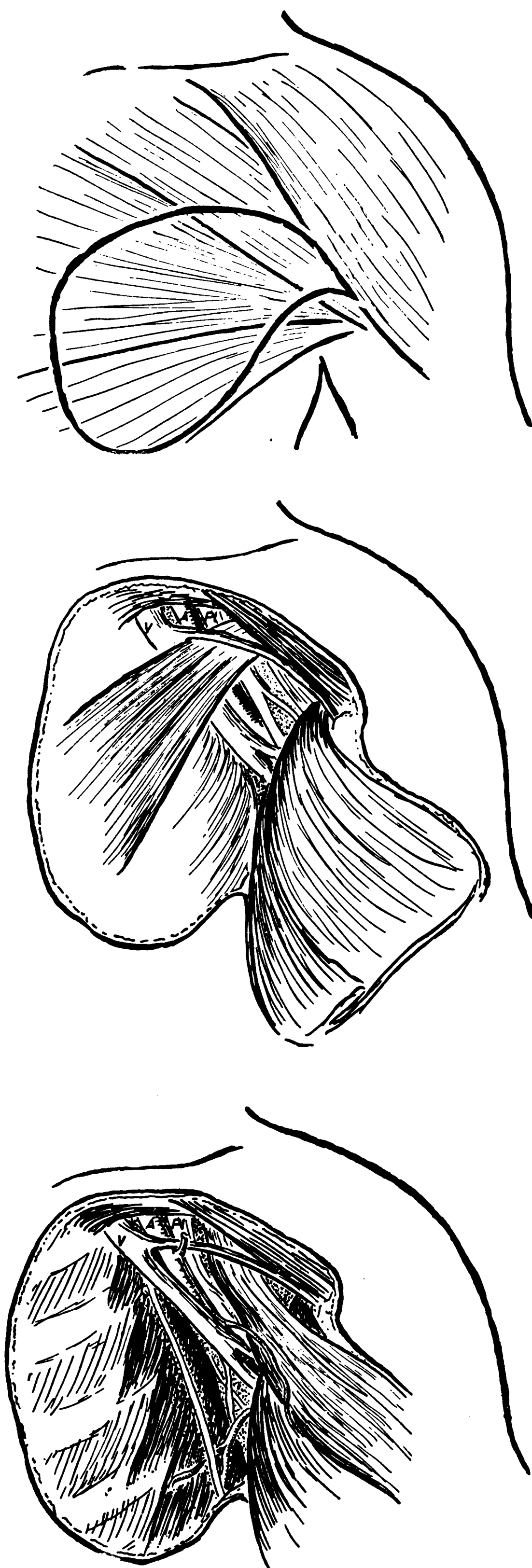
Así queda ampliamente al descubierto el olécranon y la parte articular que corresponde. Por encima está la cápsula articular humerocubital, muy laxa; por fuera está la misma cápsula y los ligamentos laterales externos, que dejan traslucir la cúpula radial y, por lo tanto, la articulación radiohumeral; por dentro, en fin, los ligamentos laterales internos de la articulación. En estas condiciones, al flexionar el codo, la articulación puede abrirse ampliamente por detrás y resecar el olécranon para que amplíe el campo. Las resecciones parcelarias complementarias dependen de las circunstancias concretas del caso.

4.° ACCESO ORTOPÉDICO A LA ARTICULACIÓN DEL HOMBRO

La articulación escapulohumeral ofrece por delante complejas relaciones vasculonerviosas. Por detrás, en cambio, hay fundamentalmente músculos y se ofrecen referencias óseas útiles, como la espina con el acromion y, más abajo, puede tocarse el troquiter humeral (T) (fig. 527). En estas condiciones, la incisión cutánea va a abarcar las referencias indicadas, realizándose en forma de «L» invertida (4.°) (fig. 528). Primero por arriba, horizontal, siguiendo paralelamente a la espina hacia afuera y sobre ella; después se incurva abrazando la cabeza del húmero y descendiendo a lo largo de su cuerpo.

La incisión cutánea realizada es ampliamente separada, sobre todo su colgajo interno, que muestra en profundidad el músculo deltoides. Este músculo es cortado siguiendo

→



FIGS. 532, 533 y 534. — Fases sucesivas que fundamentan anatómicamente la resección de mama y de los ganglios axilares.

el mismo sentido de sus fibras, siguiendo la incisión cutánea vertical y después, por arriba, es cortado también, pero resecando con él la parte de espina y de acromion donde se inserta, visibles por debajo de la incisión cutánea (fig. 529). Así se prepara un colgajo del deltoides con espina reclinable y adherida al colgajo cutáneo interno que lo cubre.

En profundidad se nota claramente la cabeza humeral, así como el músculo infraespinoso (I) (fig. 529) y el redondo menor (Rm) que allí se insertan. Por debajo de ese músculo redondo se notan la arteria y nervio circunflejos (C), que aparecen por el llamado cuadrilátero humerotricipital; nervio y arteria se ponen tanto más de manifiesto cuanto más tracción se haga del colgajo deltoideo reclinado. El infraespinoso y el redondo menor son legrados después de su inserción humeral y reclinados hacia adentro con el colgajo deltoideo (fig. 531). Así la articulación escapulohumeral ofrece ampliamente la cápsula en su cara posterior, cápsula que puede ser abierta en «T» para luxar la cabeza del húmero mediante una apropiada torsión del brazo. Las maniobras subsiguientes dependen del estado patológico de la zona.

5.° VACIAMIENTO GANGLIONAR DE LA AXILA

Previamente debe de resecarse con los ganglios de la zona mamaria, supuesta cancerosa y, por lo tanto, la pared anterior de la axila, no sólo la piel, sino la musculatura pectoral subyacente. Para ello, una amplia incisión cutánea en raqueta, circunda la zona a resecar (fig. 532); por lo tanto, con esta incisión se resecará prácticamente todo el pectoral mayor que hay debajo, llegando así hasta el mismo plano costal.

En estas condiciones el músculo pectoral puede ser basculado hacia afuera sin desprenderse aún, pues quedan íntegras las inserciones humerales (fig. 533). Entonces queda descubierto el plano musculoaponeurótico del pectoral menor y subclavio, que también será ampliamente resecado a partir de sus inserciones costales. Dicho plano resecado es también reclinado hacia afuera junto con el plano del pectoral mayor. Traccionando este voluminoso paquete hacia afuera, el hueco axilar queda bien manifiesto. Todos los grupos ganglionares deben ser entonces reconocidos y por disección roma resecados, con lo cual va quedando desnudo el sistema de la vena axilar, primero, y el de la arteria y plexo braquial, después (fig. 533).

Los grupos ganglionares resecados por disección roma fueron reclinados junto al gran paquete del pequeño y gran pectoral, así como con la piel de la mama, todo lo cual queda prácticamente pendiente tan sólo de su inserción externa. La liberación de esta inserción externa puede hacerse siguiendo el guía anatómico de sus inserciones óseas en relación con las circunstancias patológicas del caso.

CONSIDERACIONES SOBRE AMPUTACIÓN EN EXTREMIDAD SUPERIOR. Siguiendo los puntos de vista indicados a propósito de amputaciones en la extremidad inferior, proceden algunas referencias anatómicas, caso de que la separación se realice por algún intersticio articular, debiendo entonces de calcular cuidadosamente los colgajos que han de reponer la brecha.

Si se trata de la desarticulación de la muñeca, la abertura de la articulación se puede empezar por detrás (apartado 2.°, capítulo 76), previo levantamiento del colgajo posterior. Si se trata de la desarticulación del codo o si se trata de la escapulohumeral, su ensayo podría hacerlo el alumno en el cadáver, tomando siempre como referencias las indicadas para las resecciones articulares (ver apartados 3.° y 4.° del capítulo 76).

INDICES

ÍNDICES DEL PRIMER VOLUMEN

No puede omitirse una lista sobre LITERATURA CITADA en el apartado de Organización en Desarrollo, donde los autores y sus referencias se ordenan en la forma habitual. En cuanto al ÍNDICE DE MATERIAS, a base de *Uniconceptos,* se le procura dar toda la extensión práctica necesaria. Considérese que el uniconcepto es cualquier palabra o breve expresión capaz de definir algo en relación con las circunstancias existentes. Estas circunstancias se refieren fundamentalmente a las obligadas de enseñanza de la materia, y en este caso interesa todo lo que resuelva concretamente el problema de tal enseñanza, tomando como base los términos más habituales empleados. Las circunstancias pueden llevar miras más avanzadas, como las de intercambio del conocimiento científico y en este caso se imponen términos generales de nomenclatura internacional. Esto no puede encerrar dificultad alguna en nuestro país, ya que el idioma consta de raíces gramaticales similares. Por otra parte, son abundantes las publicaciones referidas exclusivamente a la *Nómina Anatómica* Internacional, siendo una de las más modernas la publicada por Excerpta Médica en 1963, que resume el acuerdo en el Congreso Anatómico Internacional del año 1960. Lo fundamental de todo uniconcepto, tanto o más que la terminología de su expresión, resulta ser más bien el significado de lo que se define, siempre lo suficientemente preciso y simple, pero conservando la unidad que integra. La integración del uniconcepto y la totalidad no debe perderse nunca aunque aquél esté cargado del más fuerte matiz aplicativo. Los uniconceptos que se localicen en el índice de materias podrán encontrarse en el capítulo correspondiente. Sólo podrá captarse el significado si se tiene en cuenta su situación dentro del capítulo, que es lo que permite la integración unitaria. En el índice de Materias va lógicamente también el nombre de aquellos autores que pueden encerrar circunstancialmente significado de uniconcepto.

ÍNDICE BIBLIOGRÁFICO

ADAMS, A. E., 1964. — An sperimental study of the development of the mouth in the anphibian embryo. «3 Exp. Zool.», *40,* 311-379.

— 1931. — Some effects of removal of endoderm from the mouth región of early amblystoma punctatum embryos. «E Exp. Zool.», *58,* 147-163.

ADELMANN, H. B., 1962. — The significance of the prechordal plate. An interpretative study «Aemr. J. Anat.», *31.*

— 1924. — The anterior end of the neural tube and the anterior end of the body. «J. Anat.», *58.*

— 1930. — Experimental studies on the development of the eye. III. The effect of the substrate (Unterlagerung) on the hetereotopie development of median and lateral strips of the anterior end of the neural plate of Amblystoma. «J. Exp. Zool.», *57,* 223-281.

— 1932. — The development of the prechordal plate and mesoderm of Ambrystoma punctatum. «J. Morph.», *541,* 1-67.

— 1936. — The problem of cyclopia. «Quart. Rev. Biol.», *11,* 161-182.

— 1937. — Experimental studies on the development of the eye. IV. The effect of the parcial and complete excition on the prochordal substrate of the development of the eyes of Amblystoma punctatum. «J. Exp. Zool.», *75,* 199-227.

ANDRES, G., 1948. — Realistionsgrade bei der Entwicklung des Amphibienlabyrinths. «Arch. J. Klaus Stiftung», *23,* 562-568.

* Literatura citada en el apartado de ORGANIZACIÓN EN DESARROLLO.

— 1949. — Untersuchungen an Chimären von plastischer Labyrinths und Kopfganglien. «Genetica», *24*, 1-148.

ALLEN, E., PRATT, J .P., NEWELL, Q. U., and BLAND, L. J., 1930. — Human tubal oval; related early corpora lutea and uterine tubes. Carnegie Cont. Emb., *22*, 45-76.

AREY, L., 1946. — Developmental anatomy, 5th ed. Saunders Company, Philadelphia.

ATWELL, W. J., 1930. — A human embryo with seventeen pairs of somites. Carnegie Cont. Emb., *21*, 1-24.

BALINSKY, B. I., 1947. — Kinematik des entodermalen Materials bei der Gestaltung der wichtigsten Teile des Darmkanals bei den Amphibien. «Roux Arch. Entw.-Mech.», *143*, 127-166.

BARDEEN and LEWIS, 1901. — Development of the back wall and limbs in man. «Amer. J. Anat.» *1*,.

BARTELMEZ, G. W., 1954. — The formation of neural crest from the primary optic vesicle in man. Carnegie Cont. Emb., *35*, 55-71.

BAUTZMANN, H., 1926. — Experimentelle Untersuchungen zur Abgrenzung des Organisationszentrums bei Triton taeniatus. «Roux Arch. Entw. Mech.», *108*, 283-321.
— 1928. — Experimentelle Untersuchungen über die Induktionsfähigkeit von Chorda und Mesoderm bei Triton. «Roux Arch. Entw. Mech.», *114*, 177-125.
— 1929. — Über Induktion durch vordere und hintere Chorda der Neurula. «Roux Arch. Entw. Mech.», *119*, 1-46.
— 1933. — Über Determinationsgrad und Wirkungsbeziechungen der Randzonenteilanlage (Chorda, Ursegmente, Seitenplatten und Kopfdarmanlage) bei Urodelen und Anuren. «Roux Arch. Entw. Mech.», *128*, 666-765.

BLECHSCHMIDT, E., 1961. — Die Organsyteme der menschlichen Embryonem (Originalrekonstruktionen). F. K. Schattauer, Stuttgart.
— 1961. — Die vorgeburlichen Entwicklungsstadien des Menschen. Basel. S. Karger. New York.

BRACHET, J., 1935. — Traité d'embryologie des vertébrés, 2.ª éd. Dalcq et Gerad. Masson. Paris.

BRAUS, H., ELZE, C., 1956-1960. — Anatomie des Menschen. Springer, Berlin-Heidelberg.

BROWN, M. G., V. HAMBURGEN and F. O. SCHMITT, 1941. — Density studies on amphibian embryos with special reference to the mechanisme of organizer action. «J. Exp. Zool.», *88*, 353-372.

CLARA, M., 1949. — Entwicklungsgeschichte des Menschen. 2.ª edición. Quelle u. Meyer.

DALCQ, A. 1933. — La determination de la vesicule auditive chez le discoglose. «Arch. d'Anat. Micr.», *29*, 389-420.
— 1935. — L'organisation de l'oeuf chez les Chordés. Etude d'embryologie causale. Gautier-Villars. Paris.
— 1938. — Form and causality in early development. Cambridge University Press. Cambridge.
— 1943. — Le phenomene díinduction. «Bull. Acad. Rey. Med. de Belgique Ser.», VI, *8*, 300-312.

FAUTREZ, J., 1967. — Elements d'Embryologie causale. Ed. Gauthier-Villars. Paris.

FELIX, W., 1910. — Zur Entwicklungsgeschichte der Rumpfarterien des menschlichen Embryo. Gegenbaurs. «Morph. Jb.», *41*.

FISCHEL, A. 1929. — Entwicklung des Menschen. Springer. Berlin.

FRORIEP, A. 1891. — Zur Entiwicklungsgeschichte der Kopfnerven. «Verh. Anat. Ges.». Munchen.
— 1892. — Zur Frage der sogenantes Neuromerie. «Verh. Anat. Ges.». Wien.
— 1894. — Entwicklungsgeschichte des Kopfes. «Erfi. Anat.», *3*.
— 1901. — Über die Ganglienleiste des Kopfes und des Rumpfes und ihre Kreuzung in der Occipitalregion. «Arch. Anat.».
— 1902. — Einige Bemerkungen zur Kopffrage. «Anat. Anz.», *21*.
— 1902. — Zur Entwicklungsgeschichte des Wirbeltierkopfes. «Verh. Anat. Ges. Halle».

GAUPP, E., 1898. — Die Metamerie des Schadels. «Erg. Anat.», 7.

GEGENBAUR, C., 1888. — Die Metamerie des Kopfes und die Wirbeltheorie des Schädels. «Morph. Jb.», *13*.

GLASER, O. C., 1914. — On the mechanism of morphological differentiationen in the nervous system. «Anat. Rec.», *8*, 527-551.

HAMBURGER, V., 1942. — A manual of experimental embryology. University of Chicago Press. Chicago.

HARRISON, R. G., 1938. — Die Neuralleiste. «Anat. Anz.», *85*.

HERTIG, A. T., y Rock, J., 1941. — Two human ova of the pre-villous stage, having an ovulation age of about elven and twelve days respectively. «Carnegie Cont. Emb.», *29*, 127-156.

— — ADAMS, E. C., and MULLIGAN, W. J., 1954. — On the preimplatation stages of the human ovum: a description of four normal and four abnormal specimens ranging from the second to the flfth day of development. «Carnegie Cont. Emb.», *35*, 199-220.

HERTWIG, O., 1906. — Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungslehre der Wirbektiere. Gustav Fischer. Jena.

HEUSER, C. H., 1930. — A human embryo with 14 pairs of somites. «Carnegie Cont. Emb.», *22*, 135-154.
— 1932. — A presomite human embryo with a definitive chorda canal. «Carnegie Cont. Emb.», *23*, 251-267.
— ROCK, J., y HERTIG, A. T., 1945. — Two human embryos showing early stages of the definitive yolk sac. «Carnegie Cont. Emb.», *31*, 85-99.

HOCHSTETER, F., 1924-1929. — Beitrage zur Entwicklungsgeschichte des mens chlichen Gehirns. Wien un Leipzig: Franz. Deuticke.
— 1943. — Beitrage zur Entwicklungsgeschichte der kraniocerebralen Topographie des Menschen. «Akad. Wiss. Wien. Math-Naturw. Kl. Denkschriften», 106/63.

KEIBEL, F., und MALL, *F.* P., 1910-1911. — Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen. *1* y *2*. S. Hirzel, Leipzig.

KUMMER, B., 1952. — Untersuchungen über die ontogenetische Entwicklung des menschlichen Schadelsbasiswinkels. «Zschr. Morph. Anthop.», *43*.

KUPFFER, C. v., 1891. — Die Entwicklung der Kopfnerven der Vertebraten. «Verh. der Anat. Ges.», 22-35.

LEHMANN, F. E., 1945. — Einführung in die Physsiologie. Birkhäuser, Basel.

LEWIS, W. H., 1920. — The cartilaginous skull of a human embryo 21 mm in length. «Contrib. Embryol.», *9*.

MACKLIN, C. C., 1912-1916. — The skull of a human foetus of 44 mm. «Amer. J. Anat.», *16*.

— 1921. — The skull of a human foetus of 43 mm gratest length. «Contrib. Embryol.», *10*.

MANGOLD, D., and H. SPEEMAN, 1927. — Über Induktion von Medullarplatte im jungeren Keim ein Beispiel homogenetischer oder assimilatorischen Induktion. «Roux. Arch. Entw. Mech.», *111*, 341-422.

NJEUWKOOP, P. D., 1947. — Investigations on the regional determination of the central nervous system. «J. Exp. Biol.», *24*, 145-183.

PAYNE, F., 1925. — General description of a 7-somite human embryo. «Carnegie Cont. Emb.», *16*, 115-124.

PATTEN, B. M., 1948. — The early Embryology of the chick. The Blakiston Company Philadephia. Toronto.
— 1962. — Embriología Humana. «El Ateneo». Buenos Aires.

PETER, K., 1920. — Die Zweckmässigkeit in der Entwicklungsgeschichte. Springer, Berlin.
— 1947. — Grundlagen einer funktionellen Embryologie. Bios. 19 Barth. Leipzig.

RODRÍGUEZ, S., 1965. — Estudio comparativo de dos embriones humanos de 2'5 mm y 5 mm de longitud, reconstruidos por el método de Born al *plástico espumoso*. «An. Anat.», *14*, 341-379.
— 1965. — Primordium endocrino abdominal y su drenaje. (Algunos aspectos de su actividad en el desarrollo). «An. Anat.», *14*, 473-550.
— 1968. — Einige histochemische Aspekte während der frühen embrionalem Stadien in Beziehung zum Entwicklungsablauf. Ver. d .Anat. Ges. 62. Vers., «Anat. Anz.», *121*, 587-501.

SANDOVAL, J. 1965. — Actividades funcionales y proliferativas de los substratos en desarrollo del embrión de pollo, en relación con estados histoquímicos. (I. Primordium cefálico». «An. Anat.», *14*, 437-462).
— 1966. — Actividades funcionales y proliferativas de los substratos en desarrollo del embrión de pollo, en relación con estados histoquímicos. (II. Primordium somítico). «An. Anat.», *15*, 5-22.

SARRAT, R., y S. RODRÍGEZ, 1968. — Actividad fosfatasa alcalina en el embrión de pollo en relación con estados funcionales y fenómenos de inducción, «An. Anat.», *17*, 405-414.

SEIDEL, F., 1953. — Entwicklunggsphysiologie der Tiere. Sammlung. Göschen 1162-1163. De Gruyter.

SPEMANN, H., 1936. — Experimentalle Beiträge zu einer Theorie der Entwicklung. Springer. Berlin.
— 1938. — Embryonic Development and Induction, Yale University Pres., New Haven. Connecticut.

SPRANKEL, H., 1956. — Beitrage zur Ontogenese der Hypophyse von Testudo graeca L. und Emys orbicularis. L. mit besonderer Berucksichtigung ihrer Beziehungen zur Praechordalplatte. «Mikr. Anat. Forsch.», *62*, 587-660.

STARCK, D., 1955. — Embryologie. Georg. Thieme. Verlag.

STREETER, G. L., 1945. — Development horizons in human embryos. «Carnegie Cont. Emb.», *31*, 27-63.
— 1948. — Development horizons in human embryos. «Carnegie Cont. Emb.», *32*, 133-203.

VERSCHUER, O. v., 1952. — Genetik des Menschen. Lehrbuch der Humangenetik. Urban y Schwarzenberg. Berlin y Wien.

WADDINGTON, C. H., 1947. — Organizers and genes. Biol. Studies. Cambridge.

WEISS, P., 1939. — Principles of Development. H. Holt and Co. New York.

WELLER, G. L., 1933. — Development of the thyroid, parathyroid and thymus glands in man. «Carnegie Cont. Emb.», *24*, 93-139.

WOERDEMAN, M., 1929. — Experimentelle Untersuchungen über Lage und Wander augenbildenden Bezirke in der Medullarplatte beim Axolotl. «Roux Arch. Entw. Mech.», *116*, 220-241.

YNTEMA, C. L., 1933. — Experiments on the determination of the ear ectoderm in the embryo of Amblystoma punctatum. «J. Exp. Zool.», *65*, 317-357.

— 1950. — An analysis of induction of the ear from foreign ectoderm in the salamander embryo. «J. Exp. Zool.», *113*, 211-244.

ÍNDICE DE MATERIAS

D

E

F

G

H

I

K

L

N

S

T

U

V

W

Y

Z